



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica

**Análisis de la configuración morfológica del fondo
submarino para la viabilidad de estructuras costeras
mediante el sondeo acústico de profundidad**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo

AUTORES

Juan Manuel VILLENA JARA

Roger Yuri GUTIERREZ RUEDA

ASESOR

Ing. Luis Alberto HUAMÁN AMASIFUEN

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Villena, J. & Gutierrez, R. (2020). *Análisis de la configuración morfológica del fondo submarino para la viabilidad de estructuras costeras mediante el sondeo acústico de profundidad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor	“—”
DNI o pasaporte del autor	74474732 43115932
Código ORCID del asesor	0000-0003-0834-3860
DNI o pasaporte del asesor	43322204
Grupo de investigación	INVESTIGACIÓN EN GEOMÁTICA PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO
Agencia financiadora	Autofinanciado
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	PLAYA FERROLES CALLAO, Lima Perú. LAT: 11° 59' 56", LONG: 77° 18' 24"
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018-2020
Disciplinas OCDE	Oceanografía, Hidrología, Recursos hídricos http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.11 Ingeniería oceanográfica http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.07



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el día Jueves 18 de febrero del año 2021, siendo las 15:00 horas, en presencia de los Señores Docentes designados como Miembros del Jurado Calificador:

Dr. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA	Presidente
Ing. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL CASAS	Miembro
Mg. JOSÉ LUIS QUISPE VÍLCHEZ	Miembro

Reunidos en Acto Académico Público de Sustentación de la Tesis titulada: **“ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA DEL FONDO SUBMARINO PARA LA VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS COSTERAS MEDIANTE EL SONDEO ACÚSTICO DE PROFUNDIDAD”** Presentada por los Bachilleres **JUAN MANUEL VILLENA JARA** y **ROGER YURI GUTIERREZ RUEDA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo.

Expuesta la Tesis; los miembros del Jurado plantearon a los Bachilleres las preguntas pertinentes, que fueron absueltas a:

SATISFACCIÓN

Concluida la sustentación de Tesis, el Jurado procedió a evaluar y calificar la calidad y sustentación en secreto, cuyo calificativo fue:

QUINCE (15), APROBADO

Habiendo sido aprobada la Sustentación de la Tesis por el Jurado Calificador, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, otorgue el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓGRAFO, a Don **JUAN MANUEL VILLENA JARA** y **ROGER YURI GUTIERREZ RUEDA**.

Siendo las **16:50** horas, se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de Tesis, firmadas por el Jurado Calificador.

Lima, 18 de febrero del 2021

Dr. CARLOS FRANCISCO CABRERA CARRANZA
PRESIDENTE

Ing. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL CASAS
MIEMBRO

Ing. JOSÉ LUIS QUISPE VÍLCHEZ
MIEMBRO

Ing. LUIS ALBERTO HUAMÁN AMASIFUEN
ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

“A Dios y a mis padres por su sacrificio,
constancia y apoyo en este camino de ser un
buen profesional.”

Juan Manuel Villena Jara

“A Jorge Daniel Aliaga Vásquez y
Shirley Vanessa Villanueva Rivera”

Roger Yuri Gutierrez Rueda

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de tesis, el Ing. Luis Alberto Huamán Amasifuen, por su dedicación, sugerencias y brindarnos la oportunidad de participar en un levantamiento batimétrico real.

A la empresa Marine Group SRL, por facilitarnos la data de campo para la presente investigación.

Al Hidrógrafo Luis Sierralta Checa por el apoyo en el manejo de equipos de medición hidrográfica.

A la Ing. Emilia Isabel Bejar Melgar, por sus recomendaciones en la redacción de tesis.

A nuestros padres, abuelos, tíos y hermanos por el apoyo moral y económico durante todos los años de estudio.

A nuestros compañeros de la universidad, amistades y a todas las personas que depositaron su confianza en nosotros para esta investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito comprobar la efectividad de las técnicas actuales del barrido de sondeo acústico de profundidad para la determinación de la viabilidad de estructuras costeras.

Se dará a conocer las definiciones de los términos usados en esta investigación y la aplicación del sondeo acústico de profundidad como método esencial para el desarrollo de diferentes áreas.

Se explicará detalladamente cada método de posicionamiento horizontal y vertical para la obtención de la batimetría, la precisión de cada método es fundamental para cumplir con los estándares de la Organización Hidrográfica Internacional.

Para el análisis de la metodología en la viabilidad de las estructuras costeras es necesario seguir las normas técnicas establecidas por la Dirección de Hidrografía y Navegación del Perú.

Se determinó realizar un levantamiento batimétrico con un sistema acústico de profundidad en la playa Ferroles, Callao; donde se hizo un barrido con el ecosonda monohaz siguiendo el planeamiento trazado en gabinete, con las boyas se tomó datos de las corrientes marinas y se recogió muestras de fondo en diferentes puntos para luego analizarlas en laboratorio.

Seguidamente se efectuó la topografía en el sector de la playa Ferroles aledaña al muelle Centenario, en el cual con el GNSS/GPS en modo rover se programó la toma de datos cada 5 m, obteniendo la elevación de la superficie del terreno.

En gabinete se continuó con el procesamiento de la data del monohaz, eliminando los errores de sonido registrados en el equipo, luego con la data en limpio y los datos procesados de la topografía se generó el plano batimétrico.

Se hizo una comparación del plano batimétrico levantado, con las imágenes satelitales históricas de la zona, identificando un retroceso y aumento de la profundidad del mar, esto debido a los vertimientos del Río Rímac.

En el análisis se tomó en cuenta los resultados de laboratorio de las muestras de fondo, las cotas de elevación de la playa, los sondeos, la evolución de la línea costera y las normas técnicas.

Concluyendo el análisis dio como resultado que la sedimentación en esa zona hace que el mar se retire por lo que es necesario hacer un seguimiento anual de la profundidad ya que este muelle sirve para entrada y salida de embarcaciones, cabe mencionar también que al ser esta una zona industrial es factible la construcción de estructuras costeras como (espigones, rompeolas y muelles de concreto), por los sondeos que presenta esta área de estudio, requiriendo una inspección periódica de la profundidad por los vertimientos cerca de la zona.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.1. Situación Problemática	18
1.1.2 Formulación del problema.....	19
1.2. Justificación.....	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1 Objetivo General.....	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4. Hipótesis.....	21
1.4.1 Hipótesis General	21
1.4.2 Hipótesis Específica	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Antecedentes Nacionales	22
2.1.2. Antecedentes Internacionales	26
2.2. Bases Teóricas.....	29
2.2.1. Geodesia	29
2.2.2. Superficies de Referencias.....	29
2.2.3. Datum	31
2.2.4. Sistema de Referencia	33
2.2.5. Sistema de Posicionamiento Satelital (GNSS)	34
2.2.6. Estructuras y Plataformas Marinas	35

2.3. Posicionamiento	43
2.3.1. Métodos de Posicionamiento de puntos de apoyo en tierra.....	43
2.3.2. Métodos de Posicionamiento convencional de los Sondajes.....	44
2.3.3. Métodos de Posicionamiento Satelital GNSS/GPS de los Sondajes	52
2.4. Determinación de la Profundidad (Batimetría)	56
2.4.1. Métodos de Determinación de Sondajes	57
2.4.2. Corrección de Sondajes	75
2.4.3. Clasificación de levantamientos	80
2.4.4. Software de levantamientos Hidrográficos.....	84
2.5. Mareas y Flujos de Agua.....	84
2.5.1. Mareas	84
2.5.2. Mareógrafos.....	85
2.5.3. Datum Vertical	88
2.5.4. Línea de Más Alta Marea (LAM).....	89
2.6 Topografía Costera.....	90
2.7 Oceanografía y Muestras de Fondo.....	91
2.7.1. Corrientes Marinas	91
2.7.2. Morfología Marina	92
2.7.3. Muestras de Fondo Submarino	93
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	94
3.1. Tipo de Investigación	94
3.2. Nivel de Investigación.....	94
3.3. Diseño de Investigación	94

3.4. Enfoque de la Investigación	95
3.5. Cronograma de Trabajo.....	97
3.5. Trabajo de Pre-Campo	97
3.5.1. Elección de Zonas de estudio	97
3.5.2. Evolución de la Línea costera.....	99
3.5.3. Criterios para la instalación Estructuras e Infraestructuras Costeras	102
3.5.4 Elección del Sistema del Sondeo Acústico.....	105
3.5.5. Equipos de Levantamiento	106
3.5.6. Comprobación y calibración de los equipos de posicionamiento.....	108
3.5.7. Planificación de Campo.....	110
3.6 Trabajo de Campo	112
3.6.1. Posicionamiento - Instalación del equipo base en tierra.....	112
3.6.2. Instalación de equipos en lancha	114
3.6.3. Comprobación de los equipos “ <i>in situ</i> ”	117
3.6.4. Medición de corrientes marinas.....	117
3.6.5. Levantamiento batimétrico con ecosonda Monohaz	119
3.6.6. Toma de muestras de fondo	120
3.6.7 Topografía Costera	122
3.7 Trabajo de gabinete	123
3.7.1. Post proceso (Software Hypack)	123
3.7.2. Validación de datos	128
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	132

4.1. Viabilidad de Estructuras costeras	132
4.1.1. Rompeolas	132
4.1.2. Espigones.....	132
4.1.3. Muelles	133
4.2. Características Esenciales en la Construcción de un Muelle	134
4.2.1. Características Geográficas	134
4.2.2. Ubicación Estratégica	135
4.2.3. Perfil del Fondo Submarino.....	135
4.2.4. Muestras de Fondo Submarino	136
4.3. Análisis de la configuración morfológica	137
4.4. Estructura costera factible	138
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	141
5.1. Conclusiones	141
5.2. Recomendaciones.....	143
5.3. Bibliografía.....	145
ANEXOS	150

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros del elipsoide GRS80	30
Tabla 2. Parámetros del elipsoide WGS84	30
Tabla 3. Segmentos del Sistema de Posicionamiento Global	35
Tabla 4. Estructuras y Artefactos Marinos	36
Tabla 5. Plataformas Marinas	38
Tabla 6. Estructura del Casco del Barco	40
Tabla 7. Partes de la Embarcación según el Sentido	41
Tabla 8. Posicionamiento Relativo en Postproceso Estático	43
Tabla 9. Posicionamiento Relativo en Postproceso Cinemático.....	44
Tabla 10. Posicionamiento Relativo en Tiempo Real Diferencial DGPS	52
Tabla 11. Características de los servicios Marinestar	54
Tabla 12. Posicionamiento Relativo en Tiempo Real Cinemático RTK	56
Tabla 13. Equipos del Sistema Multihaz	68
Tabla 14. Selección del sistema de Posicionamiento Horizontal en relación con las Órdenes de Levantamiento.....	82
Tabla 15. Selección del Sistema de Posicionamiento Vertical en relación con las Órdenes de Levantamiento.....	83
Tabla 16. Niveles de Referencia	89
Tabla 17. Cotas de línea de más alta marea	90
Tabla 18. Tamaño del Sedimento	93
Tabla 19. Metodología de la Investigación.....	96
Tabla 20. Cronograma de Actividades.....	97

Tabla 21. Normas técnicas hidrográficas para la instalación de estructuras posibles dentro del ámbito de estudio	103
Tabla 22. Elección del sistema de sondeo acústico	105
Tabla 23. Equipos GPS	106
Tabla 24. Equipo Topográfico	107
Tabla 25. Equipo Batimétrico	107
Tabla 26. Equipo para Medición de Corrientes Marinas	108
Tabla 27. Calibración y Comprobación	109
Tabla 28. Punto de apoyo CABEZO - BMC	112
Tabla 29. Criterios para la instalación de Muelles.....	133
Tabla 30. Muestras de Fondo Submarino	136
Tabla 31. Análisis del Fondo Submarino.....	137

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema 1: Método de Resección Sextante	45
Esquema 2: Método de Posicionamiento de Triangulación/Intersección	46
Esquema 3: Método de Posicionamiento Visual	47
Esquema 4: Método de Posicionamiento a Cordel	48
Esquema 5: Método de Posicionamiento Rango-Azimut	49
Esquema 6: Método de Posicionamiento Intersección de Rango a Rango	50
Esquema 7: Método de Posicionamiento de Rango Múltiple	51
Esquema 8: Posicionamiento GNSS/GPS	52
Esquema 9: Flujo de Datos VBS	55
Esquema 10: Corrección por Pseudorange	56
Esquema 11: Variación Costera – playa Ferroles	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elipsoide	30
Figura 2. El geoide	31
Figura 3. Orientación del datum	31
Figura 4. Datum vertical	32
Figura 5. Partes del Barco	39
Figura 6. Superestructura del Barco.....	41
Figura 7. Desplazamientos del Barco: Vaivén, Deriva y Arzada	42
Figura 8. Giros en ejes del Barco: Balanceo, Cabeceo y Guiñada	42
Figura 9. Posicionamiento de los sondeos	53
Figura 10. Método del Escandallo	57
Figura 11. Sonda Mecánica.....	58
Figura 12. Batimetría Satelital	59
Figura 13. LIDAR (Láser Aerotransportado)	59
Figura 14. Pérdida de transmisión	61
Figura 16. Índice de directividad	62
Figura 16. Huella del Monohaz	63
Figura 17. Comprobación del Ecosonda Monohaz.....	64
Figura 18. Barrido con Ecosonda Monohaz	65
Figura 19. Dimensión de la Huella del Haz	67
Figura 20. Barrido de la Ecosonda Multihaz Hidrográfica.....	68
Figura 21. Prueba de latencia.....	69
Figura 22. Prueba de cabeceo	70
Figura 23. Prueba de guiñada.....	71

Figura 24. Prueba de Rolido	72
Figura 25. Sondador Acústico de Profundidad (Multihaz)	73
Figura 26. Batimetría con Buzo	73
Figura 27. Batimetría con Buzo	74
Figura 28. Calado Estático	75
Figura 29. Corrección Procesada de Oleaje	76
Figura 30. Corrección Directa de Oleaje	76
Figura 31. Instalación del MRU.....	77
Figura 32. Ajuste de Sondajes Digital	77
Figura 33. Chequeo de Barra	78
Figura 34. Desplazamiento por Alteada.....	78
Figura 35. Marea RTK.....	80
Figura 36. Comparación de los Errores Máximos	81
Figura 37. Software hidrográfico	84
Figura 38. Tipos de Mareas	85
Figura 39. Tipos de Mareógrafos.....	86
Figura 40. Red Mareográfica del Perú	87
Figura 41. Niveles de Referencia.....	88
Figura 42. Determinación del límite de la franja de los cincuenta metros equidistantes y calculados en base a la línea de más alta marea (LAM)	89
Figura 43. Topografía Costera	91
Figura 44. Método Euler	91
Figura 45. Método Lagrange.....	92
Figura 46. Ubicación de la playa Agua Dulce – Distrito de Chorrillos	98
Figura 47. Ubicación de la playa Ferroles – Distrito del Callao.....	99

Figura 48. Límite costero marino – playa Agua Dulce – Distrito de Chorrillos	100
Figura 49. Límite costero marino – playa Ferroles – Distrito del Callao	101
Figura 50. Ruta de acceso a la playa Ferroles.....	110
Figura 51. Ruta de acceso a la playa Agua Dulce.....	111
Figura 52. Reconocimiento de la playa Ferroles	111
Figura 53. Reconocimiento de la playa Agua Dulce	112
Figura 54. Posicionamiento	113
Figura 55. Instalación GPS/GNSS.....	114
Figura 56. Instalación de equipos en lancha	115
Figura 57. Acoplamiento y Perfilación del Transducer	115
Figura 58. Instalación del GPS/GNSS	116
Figura 59. Comprobación de los Equipos “ <i>in situ</i> ”	117
Figura 60. Colocación de Boyas	118
Figura 61. Medición de Corrientes Marinas	118
Figura 62. Planeamiento de la Embarcación.....	119
Figura 63. Ajuste de Parámetros de la Ecosonda.....	119
Figura 64. Preparación de la Draga.....	120
Figura 65. Ejecución del Dragado	121
Figura 66. Recolección de Muestras	121
Figura 67. Establecimiento de parámetros del GNSS/GPS	122
Figura 68. Altura de la Antena.....	122
Figura 69. Levantamiento Topográfico	123
Figura 70. Creación del proyecto en Software Hypack	123
Figura 71. Establecimientos de Parámetros	124
Figura 72. Selección de datos de campo	124

Figura 73. Esquema de datos crudos.....	125
Figura 74. Procesamiento de datos	125
Figura 75. Ubicación del día del levantamiento	125
Figura 76. Tabla de mareas	126
Figura 77. Introducción de datos de marea	126
Figura 78. Corrección por Mareograma.....	127
Figura 79. Verificación de parámetros.....	127
Figura 80. Validación de datos	128
Figura 81. Eliminación de picos de sonido	128
Figura 82. Datos Corregidos	129
Figura 83. Reducción de Sondajes.....	129
Figura 84. Establecimiento de parámetros de sondaje	130
Figura 85. Sondajes corregidos.....	130
Figura 86. Exportación de la data	131
Figura 87. Coordenadas Tridimensionales	131
Figura 88. Zona Abrigada frente a Oleajes del Sur	134
Figura 89. Ubicación Estratégica.....	135
Figura 90. Perfil del Fondo Submarino.....	135
Figura 91. Muelle Centenario Extendido.....	139
Figura 92. Zona de Embarque del Muelle	139
Figura 93. Muelle Proyectado.....	140

INTRODUCCIÓN

Históricamente con relación al fondo submarino, una de las primeras cartas marítimas fue la carta pisana (1829) que se encuentra en la Biblioteca Nacional de París, fue dibujada entre el siglo XIII y el siglo IX donde elaboraban cartas portulanos, con esta carta representaron toda la línea de la costa mediterránea, usaban la rosa de los vientos para dirigir el rumbo de las embarcaciones y algunas cruces para señalar rocas sumergidas. (Organización Hidrográfica Internacional, 2005).

El conocimiento del fondo submarino es muy importante para el ser humano ya que soluciona diversos problemas que encontramos en una zona marino-costera, como conocer el calado en un puerto para que no se vean afectadas sus embarcaciones al momento de desplazarse o el tendido de cableado en el fondo submarino para conocer la pendiente que va a tener éste o para la instalación de una embarcación petrolera, entre otros.

Inicialmente se han usado diferentes métodos para obtener mediciones del fondo submarino, desde una cuerda y un peso atado a ella hasta el método de sondeo acústico de profundidad.

Actualmente en diversos proyectos de ordenamiento, mitigación ambiental, construcción, etc. de la zona marina - costera, ha surgido la necesidad de conocer con alto grado de exactitud la morfología del fondo oceánico ya que las variaciones internas del mar no pueden ser observadas a simple vista, lo cual se requiere de equipos automatizados.

La batimetría se ha desarrollado hace décadas con el fin de realizar construcciones marino - costeras y portuarias para mejora en los comercios nacionales e internacionales. Este levantamiento al igual que la topografía implica estar sujeto a un sistema de posicionamiento para poder plasmarse en un plano. Es una herramienta muy útil para el desarrollo de proyectos de ordenamiento, planes maestros, zonificación y el desarrollo de una ciudad costera o ribereña.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Situación Problemática

El 40% de todo el territorio peruano está bajo el mar, pero hasta la fecha solo se conoce el 1% del fondo marino, según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), sin embargo, desde el 2016 INGGMMET a través del proyecto INGEMAR ha realizado varios cruceros de exploración submarina (El Comercio, Julio 2018).

Así mismo, el sistema fluvial amazónico comprende algo más de 14000 km de longitud de ríos, considerando navegables aproximadamente el 43% del total. Pequeñas pendientes, grandes caudales, variaciones del espejo de agua y considerable transporte de sedimento son características de los ríos que intervienen en los cambios morfológicos generando variación en su curso y dificultades para la navegación.

Otro elemento característico de la geografía del Perú son sus innumerables lagos y lagunas. De acuerdo con la antigua Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), El Perú cuenta con 12201 lagunas, la mayoría se encuentra en la vertiente del atlántico (61%), seguida por la vertiente del pacífico (32%) y la del Titicaca (7%).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente y al bajo porcentaje que se conoce de la configuración subacuática de los ámbitos marítimo, fluvial y lacustre, es importante recopilar con levantamientos sistemático del mar, ríos y lagos la conformación del límite costero incluyendo las construcciones antropogénicas; las profundidades en las áreas de interés; la estructura del fondo acuático; las mareas, corrientes y las propiedades del cuerpo de agua. Lo cual debe ser recopilada en forma ordenada para crear una base de datos para producir mapas temáticos, cartas náuticas, planos batimétricos para diversas obras de ingeniería, investigación y otras actividades.

Un caso representativo es del puerto Salaverry en la región de La Libertad, se planea la construcción de un puerto multipropósito, por lo que se tiene que realizar un dragado de 10 a 14 m en la zona de maniobra de las embarcaciones, canal de acceso y zona de muelles; para la mitigación del cierre del puerto de Salaverry. (La República, noviembre 2017).

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema General

¿De qué manera el análisis de la configuración morfológica del fondo submarino mediante el uso del sondeo acústico de profundidad servirá para determinar la viabilidad de estructuras costeras?

1.1.2.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cómo se analizará la configuración morfológica del fondo submarino para la viabilidad de estructuras costeras?
- b. ¿Por qué el sondeo acústico de profundidad es efectivo frente a otros métodos batimétricos?
- c. ¿De qué manera el modelamiento del relieve submarino se obtendrá mediante el sondeo acústico de profundidad?
- d. ¿Cuándo se debe aplicar el sondeo acústico de profundidad para el emplazamiento de estructuras costeras?

1.2. Justificación

La importancia se basa en determinar un modelo del relieve submarino para obtener un análisis batimétrico con la finalidad de emplazar y dar viabilidad a las estructuras costeras, evaluando de manera sostenible las áreas costeras donde estén y se puedan llevar a cabo proyectos que generen un impacto económico, social y un adecuado manejo ambiental en la población.

En diferentes actividades marinos - costeros es necesario de datos batimétricos, en el caso de comercio marítimo es fundamental tener cartas náuticas adecuadas para una navegación segura y exacta; en estudios científicos es necesario de levantamientos batimétricos adecuados y la interpretación de la morfología submarina; también es fundamental para la delimitación adecuada de los límites marítimos internacionales.

La presente investigación está inmersa dentro de los ejes del Plan Estratégico de Desarrollo Nacional dado por el CEPLAN; en el eje de Desarrollo Regional e Infraestructura, indica que el aumento y el equipamiento de la infraestructura portuaria impulsaría la economía nacional y mayor comercio a los mercados a nivel mundial, la calidad de la infraestructura costera que contamos es deficiente en comparación al resto de Sudamérica, esto llevaría a profundizar los estudios marítimos para mejorar la calidad y preservación de la infraestructura.

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar la configuración morfológica del fondo submarino mediante el uso del sondeo acústico de profundidad para determinar la viabilidad de estructuras costeras.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar la configuración morfológica del fondo submarino para la viabilidad de estructuras costeras.
- b. Conocer la efectividad del sondeo acústico de profundidad frente a otros métodos batimétricos.
- c. Obtener el modelo del relieve submarino mediante el sondeo acústico de profundidad.
- d. Determinar el periodo de la aplicación del sondeo acústico de profundidad para el emplazamiento de estructuras costeras.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

El Análisis de la configuración morfológica del fondo submarino mediante el uso del sondeo acústico de profundidad será determinante para la viabilidad en estructuras costeras.

1.4.2 Hipótesis Específica

- a. El análisis de la configuración morfológica del fondo submarino determinará la viabilidad de las estructuras costeras.
- b. El sondeo acústico de profundidad es efectivo frente a otros métodos batimétricos.
- c. El modelamiento del relieve submarino se obtendrá mediante el sondeo acústico de profundidad.
- d. El periodo de la aplicación del sondeo acústico de profundidad dependerá del emplazamiento de las estructuras costeras.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Donayre Azán, V. G. (2005) en su tesis titulada “Estudio y diseño de una marina”; determinó que, según las condiciones naturales y ubicación para viabilizar la utilización de una marina, se requiere la construcción de un rompeolas, que permite ofrecer aguas tranquilas para la operación de las naves que lleguen a la marina.

Con estas consideraciones, el diseño del rompeolas toma como parámetros el oleaje máximo que debe existir en el área protegida de la marina, así mismo se utiliza el oleaje para definir la longitud del rompeolas utilizando los criterios de difracción, refracción y poca profundidad.

Para mejorar las condiciones naturales dedujo que:

Efectuar un levantamiento topográfico y batimétrico con mayor detalle de la zona del proyecto que define con más aproximación los movimientos de tierra y disponibilidad de área acuática.

Esta investigación determina que tanto la batimetría y topografía a detalle sirve para diseñar y dar viabilidad a estructuras costeras, por lo que en el caso de la playa Ferroles se realizó un levantamiento a una escala mayor.

Godoy Oriundo, E. (2005) en su tesis titulada “Levantamiento hidrográfico automatizado, para la determinación de la ruta óptima de navegación en el río Ucayali”; precisa que el desarrollo del software para la navegación, ha modificado la manera de ver la hidrografía, porque se han empleado cartas electrónicas, que están dentro de un SIG cerrado, en el cual se puede recopilar toda la información de la franja costera, y que se asocia a una base de datos, por lo que se convierte en una herramienta muy útil para el navegante.

El fin de la navegación electrónica es poder mejorar la certeza y la estabilidad, contribuyendo con la mejora de la protección del medio ambiente natural.

Los sistemas de navegación han revolucionado la manera de navegar, que mediante el empleo de softwares enlazados con instrumentos de posicionamiento han permitido la representación cartográfica, la observación y seguimiento del barco en tiempo real.

En esta investigación, señala que los softwares de navegación son una herramienta fiable que ayuda a obtener los datos más rápidos, precisos y que está integrado a una base de datos ayudando a mejorar la navegación, por lo que en el caso de la playa Ferroles es necesario trabajar con un software hidrográfico ya que se realizará una batimetría a detalle.

Ayala Gutiérrez, M. (2006) en su tesis titulada “Propuesta metodológica para el ordenamiento ambiental de la zona costera – marina del área metropolitana de Lima – Callao”; se considera la batimetría y la dinámica del litoral (oleaje, corrientes, fuentes y flujos de transporte de material detríticos), como aspectos en el diagnóstico integral del subsistema físico – natural para la descripción y delimitación del área del ordenamiento ambiental.

La batimetría juega un papel importante en el ordenamiento costero ya que al igual que la topografía nos permite conocer la morfología del fondo, ayudando así ver el impacto de las estructuras en el territorio.

Bendezú Arroyo, G. A. (2011) en su tesis titulada “Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación del terminal portuario de Paíta”; indicó efectuar un seguimiento de la configuración costera antes del inicio de las obras del terminal portuario, mediante una supervisión de los perfiles de playa, para conocer las condiciones del lugar y realizar levantamientos periódicos durante la fase de construcción, con el objetivo de analizar esta dinámica.

Esta investigación nos da entender que el fondo oceánico tiene un comportamiento cambiante y para en el caso de construcción o ampliación de estructuras es necesario un control de la batimetría al igual que en la playa Ferroles el mar se retira al pasar los años por lo que es conveniente hacer un levantamiento periódico.

Morote Somontes G. (2011) en su trabajo de investigación titulado “Establecimiento de procedimientos para el flujo y archivo de información de campo de levantamientos hidrográficos” define que los levantamientos hidrográficos se ocupan de la morfología de la zona submarina y de las superficies continuas a los cuerpos de agua. Su fin primordial de los levantamientos hidrográficos es conseguir elementos necesarios para la recopilación de cartas marítimas con realce en sus particularidades que podría perjudicar la estabilidad y fiabilidad de la navegación, así como la información de adquisición precisa para artículos correspondientes con la navegación, administración y análisis de los espacios marinos.

En esta investigación concluye que los levantamientos hidrográficos que está inmerso la batimetría son de fundamental interés para las diferentes áreas y estudios de las zonas costeras.

Manya Gutierrez, D. C. (2014) en su tesis titulada “Evolución del funcionamiento del sistema de gestión ambiental según norma ISO 14001 de un operador portuario del terminal marítimo de contenedores en el puerto del Callao”; determina los impactos ambientales según las actividades de un terminal marítimo.

La ubicación de un terminal marítimo de contenedores genera una anomalía de las fluctuaciones de oleajes y corrientes, así como la variación de la erosión y sedimentación de la playa.

En actividades de construcción como dragado y reclamación de tierra genera un cambio de las condiciones normales de las corrientes y oleajes por cambios de la morfología.

En actividades de construcción de estructuras acuáticas genera una alteración de corrientes y oleajes, así como la creación de zonas de acumulación de material.

En actividades de operación de embarques y descargas de contenedores genera potenciales derrames.

En actividades de uso y mantenimiento de equipos e infraestructura genera una evacuación de efluentes sin un manejo óptimo hacia el mar.

En actividades de tránsito marino genera dispersión, potenciales derrames y descarga de sustancias contaminantes hacia el océano.

Esta investigación nos da entender que la instalación de una estructura costera cambia los patrones o parámetros hidrográficos, por lo que es recomendable hacer monitoreos y levantamientos batimétricos para tener una caracterización de la zona implicada.

Delgado Silva J. L. (2015) en su tesis titulada “Levantamiento Hidrográfico con Sistema LIDAR”; señala para que el sistema LIDAR pueda realizar la batimetría de un sector, debe poseer la característica del ojo humano y ver a través del agua; sin embargo debido al movimiento y suspensión de sedimentos, al afloramiento costero, a la abundante concentración de fitoplancton y zooplancton, entre otras características, hacen que el mar peruano posea mucha turbidez en sus aguas, por lo que concluye que este sistema no es conveniente en la batimetría de la costas del litoral peruano y sería recomendable realizar una batimetría con ecosondas, ya que estos pueden corregir los errores producidos por la turbidez del mar ya mencionados, con un ecograma y procesos hidrográficos más detallados.

Basándose en la investigación anterior se determinó que el sistema LIDAR no es conveniente para cuerpos de agua con afloramientos o sedimentos suspendidos, como es el caso de la playa Ferroles por lo que se decidió utilizar el sondeo acústico, ya que nos permite determinar la profundidad o sondajes sin que los sedimentos y/o la turbidez del agua sean un problema.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo - UNCED (1992) el capítulo XII de la agenda 21, menciona que “El cartografiado náutico es de vital importancia para la zona de navegación”.

U.S. Army Corps of Engineers- USACE (2004) en su manual “Ingeniería y diseño de estudios hidrográficos” menciona que el sondeo acústico de profundidad de haz único es la técnica de medición de profundidad más utilizada por esta institución para la topografía de proyectos de navegación fluvial y portuaria. El sondeo de profundidad acústica se utilizó por primera vez en el Cuerpo en la década de 1930, pero no reemplazó la dependencia en la medición de la profundidad de la línea de plomo hasta los años 1950 o 1960.

Este manual señala que el sondeo acústico de profundidad es la más utilizada para la topografía costera y proyectos de navegación, por lo que teniendo como referencia nos ayudó a determinar la metodología a usar en la playa Ferroles.

Beyer Barrientos, J. (2006) en su tesis doctoral con título “Diseño de una metodología para determinar la localización de infraestructuras portuarias: Un caso de evaluación de la localización de una plataforma logística en la VIII región de Chile” en uno de sus capítulos sobre realidad territorial nos detalla lo importante que es la morfología del fondo marino para la evaluación de localización de proyectos portuarios.

Esta investigación nos muestra lo importante de la morfología del fondo marino para la localización de proyectos, ya que como en el caso de la playa Ferroles se va a analizar la configuración del fondo para poder discernir que estructura se puede instalar.

Ballester Mora, L. y Garcia Sala D. (2010) en su investigación llamado “Estudio batimétrico con ecosonda multihaz y clasificación de fondos” demuestran que el sistema multihaz es adecuado para el levantamiento batimétrico ya que el error máximo que muestran se encuentra

muy dentro de lo tolerado por la Organización Hidrográfica pues con este sistema se mejora notablemente la precisión en trabajos del orden requerido.

Nos señala que es recomendable la batimetría con el ecosonda multihaz ya que va de acuerdo con las órdenes hidrográficas internacionales, pero por el alto costo que implica este levantamiento se optó por emplear el ecosonda monohaz ya que está cumple con la orden que está inmerso nuestro levantamiento y por su costo accesible.

Gómez Hernández, O. A. (2013) en su tesis “Análisis de métodos e instrumentación utilizada en batimetría” menciona la importancia de los instrumentos que se usan para la batimetría y se centra en los de mayor alcance que nos dice ser la tecnología LIDAR batimétrico y el satélite Landsat 7 ETM+.

En la investigación señala la tecnología de mayor alcance para la batimetría, pero para la playa Ferroles no se tendría una exactitud requerida debido a que la desembocadura del río Rímac esta adyacente a esta zona costera por lo que en las imágenes satelitales no se puede distinguir con detalle la profundidad.

Gama Osorio, C. (2016) en su tesis “Conformación de un modelo batimétrico de alta resolución de la Bahía la Paz” nos muestra el uso de la tecnología multihaz para elaborar un modelo de la superficie del fondo marino usando transectos el cual consiste en crear perfiles longitudinales de varias líneas para obtener un modelo a mayor detalle.

Los mapas y los perfiles elaborados les muestran detalladamente la forma del piso marino, lo que les permite reconocer estructuras, las cuales ayudan a próximos estudios como, por ejemplo: los estudios de circulación marina, ya que estos requieren de una buena batimetría para obtener una simulación confiable del patrón de corrientes.

Para proyectos hidrográficos de gran alcance sería recomendable utilizar un ecosonda multihaz, por el recubrimiento de una mayor área y una mejor exactitud, la playa Ferroles al tener un área

menor no es necesario trabajar con un multihaz ya que el monohaz puede cubrir esa zona y tener una exactitud de acorde a las órdenes de levantamiento.

Jordán Carrión A.F. y López Armijos, D.L. (2019) en su tesis “Análisis de las variaciones morfométricas y batimétricas del embalse La Mica para el periodo 2007-2018” menciona que los análisis batimétricos y de relieve en determinados espacios acuáticos son relevantes puesto que nos proporciona información eficaz de las situaciones de su configuración, como el cambio en la forma de fondo, la distribución de los sedimentos, alteración de volumen; accediendo así la elección de iniciativas para un mejor uso de las extensiones de agua en la superficie.

Menciona también que el método más usado para efectuar levantamientos en cuerpos de agua cerrados es el ecosonda, a causa de la alta precisión de los resultados. Aunque, medios tecnológicos recientes como la empleabilidad de drones batimétricos y determinadas imágenes satelitales con alto nivel de detalles tendrían una mayor relevancia en la realización de este tipo de levantamientos, ya que se invertiría menos en dinero y duración del levantamiento, cotejándolas con otros métodos tradicionales.

Esta investigación señala que la batimetría con ecosondas nos muestra información relevante para la toma de decisiones en manejos de proyectos y/o estudios hidrográficos. El levantamiento batimétrico de la playa Ferroles puede contribuir a estudios hidrográficos más específicos de esa zona para futuros proyectos de gran envergadura.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Geodesia

Es la ciencia que se encarga de estudiar las formas y extensiones de la Tierra. Lo que comprende la resolución de las fuerzas de la gravedad extrínseca de la superficie y el relieve del declive marítimo. Añadiendo a esta especificación, se precisa también la posición y orientación del planeta en el espacio. Los principios físicos y matemáticos importantes para su obtención colocan a la geodesia como una ciencia básica e indispensable para otras disciplinas, como la cartografía, hidrografía, catastro, teledetección, sistemas de información geográfica, fotogrametría, entre otras (IGN, 2015).

2.2.2. Superficies de Referencias

La posición geográfica de un punto en la superficie terrestre debe estar enlazada a la superficie determinada matemáticamente que es empleada en lugar de la superficie original de la tierra.

Las superficies de referencia deben estar definidas mediante fórmulas matemáticas y acercarse lo más posible a la superficie verdadera en la localización requerida (OHI, 2005).

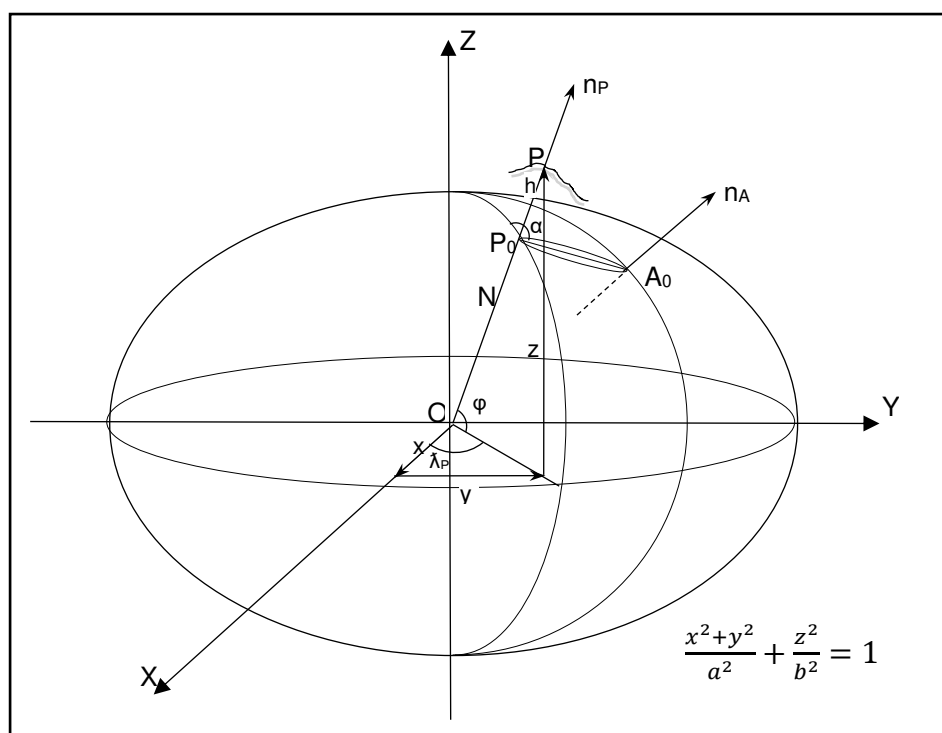
2.2.2.1. El Elipsoide

Esta superficie se determina por la rotación de una elipse entorno a su eje menor y es utilizado como elemento de comprobación en estudios geodésicos sobre la superficie del planeta. Es la representación matemática que más se asemeja al Geoide, factible de resolver mediante fórmulas matemáticas, descrita por dos variables: semieje menor (b) y semieje mayor (a).

La forma de un elipsoide de referencia también puede definirse por dos criterios:

- Aplanamiento: $f = [(a - b) / a]$
- Excentricidad: $e = [(a^2 - b^2)^{1/2} / a]$

Figura 1. Elipsoide



Nota. Elipsoide, Organización Hidrográfica Internacional – OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

- Elipsoide Geodésico de Referencia: Los parámetros del elipsoide geodésico de referencia en el Perú son los siguientes:

Tabla 1. Parámetros del elipsoide GRS80

Elipsoide	GRS80 (Geodetic Reference System 1980)
Datum	Geocéntrico
Semi Eje Mayor	6 378 137 m
Semi Eje Menor	6 356 752,31414 m
Achatamiento	1/298, 257222101

Nota. En esta tabla el Instituto Geográfico Nacional – IGN en el 2015 nos muestra los parámetros del elipsoide GRS80.

Para efectos prácticos puede ser utilizado el WGS84:

Tabla 2. Parámetros del elipsoide WGS84

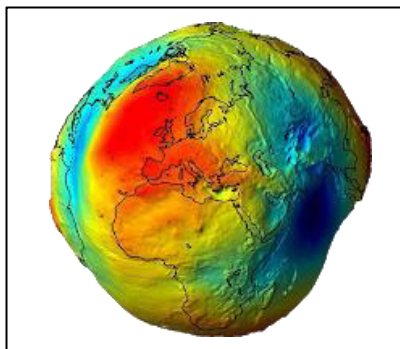
Elipsoide	WGS84 (World Geodesic System 1984)
Datum	Geocéntrico
Semi Eje Mayor	6 378 137 m
Semi Eje Menor	6 356 752,31424 m
Achatamiento	1/298, 257223563

Nota. En esta tabla el Instituto Geográfico Nacional – IGN en el 2015 nos muestra los parámetros del elipsoide WGS84.

2.2.2.2. El Geoide

El geoide, es la verdadera forma de la tierra, establecido como la extensión equipotencial del espacio gravitatorio, es empleado como una representación para las mediciones verticales; coincide con el nivel medio del mar (NMM). La definición de superficies de gravedad equipotenciales quiere decir que determinadas marcas perpendiculares al sentido establecido por una guía vertical (OHI, 2005). Se desplaza de forma constante por debajo de los continentes, que adopta la similitud de un esferoide irregular tridimensional (IGN, 2015).

Figura 2. El geoide

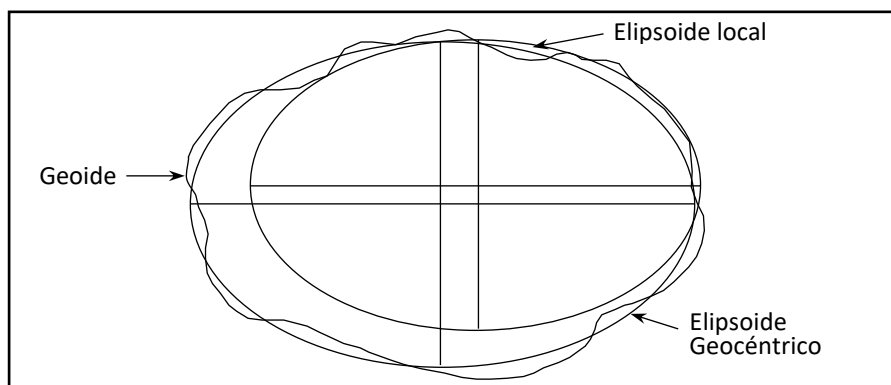


Nota. Geoide, Revista digital de Topografía, 2012, detopografia.blogspot.com.

2.2.3. Datum

El datum geodésico es “un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los datum se definen como horizontales y verticales” (OHI, 2005).

Figura 3. Orientación del datum



Nota. Orientación del datum, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

2.2.3.1. Datum Horizontal

El datum horizontal es una representación matemática que se aplica para determinar las coordenadas geográficas horizontales de la Tierra. Este sistema de referencia no es geocéntrico, al estar su elipsoide desplazado casi 100 m del centro de la Tierra, en consecuencia, las líneas de rotación de los elipsoides son asimétricos con los movimientos propios del eje del planeta.

El elipsoide regional necesita ser ajustado a la superficie para poder trasladar las distancias y medidas angulares a los modelos matemáticos que determinan las coordenadas. (OHI, 2005).

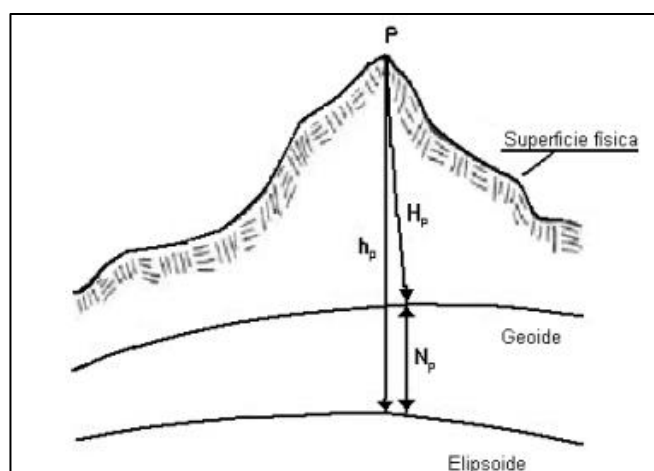
2.2.3.2. Datum Vertical

Se tiene que considerar en una primera instancia la determinación de la superficie de referencia.

Estableciéndose esto, se concluye que dirección ortogonal debe tener para el cálculo de elevación. Se definen tres sistemas de altura:

- Altura elipsoidal (h_p): es la medida desde la base elipsoidal hasta cualquier parte del terreno
- Altura ortométrica (H_p): Es la perpendicularidad de un punto a la superficie en una línea recta, que a su vez se encuentra a la misma altitud que el nivel medio del mar (NMM).
- Altura del geoide (N_p), es la diferencia entre la altura geoidal y la altura elipsoidal.

Figura 4. Datum vertical



Nota. Datum vertical, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

2.2.4. Sistema de Referencia

Un sistema de referencia es un modelo matemático que permite determinar las coordenadas en un lugar determinado. Estos poseen un sistema de coordenadas; entre los más utilizados tenemos: las coordenadas cartesianas (X, Y, Z), las coordenadas geodésicas (longitud, latitud y altura) y las coordenadas cartográficas (UTM).

La Tierra, al estar afectada por diferentes movimientos, son fundamentales en el momento de establecer los sistemas y marcos de referencia, así como el cálculo del sistema de coordenadas de los puntos materializados.

En el Perú, se ha establecido la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), que se encarga del funcionamiento y operatividad de las 55 estaciones de rastreo permanente de la nación, esta a su vez está relacionado al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS), que se encarga de la densificación de las estaciones de alta precisión GNSS de todo el continente.

2.2.4.1. Marco de Referencia Internacional Terrestre (ITRF)

El SIRGAS esta enlazado al marco de referencia terrestre internacional (ITRF), especificado por un grupo de hitos que cuentan con sus coordenadas cartesianas en tres dimensiones (X, Y, Z) geocéntricas o geográficas. Se emplea un elipsoide de referencia a fin de generar coordenadas elipsoidales (latitud, longitud y altura) (Berné Valeri, 2014).

2.2.4.2. Marco Internacional de Referencia Celeste (ICRF)

Los satélites que forman la constelación GNSS están afectados por movimientos del espacio y sus receptores están afectados por movimientos de la Tierra, por lo cual se tiene dos sistemas de referencia; el sistema internacional de referencia terrestre (ITRF) para los receptores y que debe estar enlazado al marco internacional de referencia celeste (ICRF) que se encarga de la parametrización de los movimientos satelitales.

2.2.5. Sistema de Posicionamiento Satelital (GNSS)

La palabra GNSS (Global Navigation Satellite System), es la denominación común que encierra los sistemas de navegación por satélite que tiene una cobertura de posicionamiento geoespacial alrededor de todo el mundo. El sistema inicial de navegación fue el GPS desarrollado en Estados Unidos, luego se vinieron desarrollando otros sistemas en todo el planeta. El GNSS engloba a diversos sistemas de navegación por satélite, entre los más principales tenemos:

El sistema satelital GLONASS (“Sistema Mundial de Navegación por Satélites”) desarrollado por Rusia, tiene características similares al GPS, su divergencia radica en que cada uno de los satélites emana en una frecuencia diferente, no obstante, todos utilizan un código igual.

El sistema satelital GALILEO integra un conjunto satelital autónomo del manejo de Europa, discrepante del GPS y GLONASS, su vigilancia es civil y podrá ser absolutamente conciliable y se generará puntos a partir de otros sistemas GNSS.

El sistema satelital COMPASS, Brújula o BeiDou, es una constelación satelital que está en desarrollo en China, constará de 35 satélites y llevarán retroreflectores para medidas láser.

Existen otros sistemas de navegación satelital regional como el QZSS de Japón y el IRSS de la India, que están en desarrollo.

2.2.5.1. Sistema de Posicionamiento Global (NAVSTAR/GPS)

En la última década del siglo anterior, el Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System (NAVSTAR/GPS) comúnmente llamado GPS, ha sido transformado en un determinado modelo de localización de carácter global y ha sustituido significativamente a los otros métodos. En ubicaciones remotas o en lugares angostos que dificulten la señal se deberá efectuar las técnicas convencionales; comprende los siguientes segmentos:

Tabla 3. Segmentos del Sistema de Posicionamiento Global

Segmento Espacial	Segmento de Control	Segmento Usuario	Estructura de Señal
<ul style="list-style-type: none"> - Constituido por 24 satélites, a una elevación de 20 200 km. - Distribuidos en 6 ejes orbitales con un ángulo de 55° de la línea ecuatorial. - Cada eje tiene un giro aproximado de 12 horas. - Los satélites se pueden observar a una altura mayor de 15° de la superficie. - Transfieren datos a los operadores por ondas de radio. - Preservan la relación de duración (10 – 14 s) de los relojes atómicos de cesio y rubidio. - Admiten y conservan datos del segmento de control. - Realiza rectificaciones a los ejes orbitales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consta de 1 estación de maestra (Colorado Spings, USA). - 4 estaciones de monitoreo (Hawai, Ascensión, Diego García y Kwajalein). - 1 estación que crea el duplicado absoluto de los elementos elegidos (Sunnyvale, USA). - Realizan constantes verificaciones de los satélites. - Trabajan los datos admitidos para determinar el posicionamiento. - Inspeccionan la situación de los relojes satelitales. - Rectifican los ejes orbitales. - Incorporan la información de las Efemérides, que posteriormente son remitidas a los operadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen diferentes tipos de receptores dependiendo del plan empleado para estudiar la señal receptora y la exactitud de posición necesitada. - Constituido por operadores abastecidos con instrumentos y equipos GPS. - Son capaces de recoger datos sin emitir señales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las señales de radio transfieren los datos al operador mediante un mensaje de transmisión, con una frecuencia inicial $f_0 = 10.23$ MHz. <p>Componentes Principales:</p> <p><u>Componente Portador</u> Frecuencias de transmisión realizadas por los satélites.</p> <ul style="list-style-type: none"> - L1 ($154 \times f_0 = 1575.42$ MHz) - L2 ($120 \times f_0 = 1227.60$ MHz) <p><u>Codificador</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Código C/A (adquisición gruesa) que articula la frecuencia del L1 (apto para manejo civil) - Código P (preciso) que articula la frecuencia de L1 y L2 (fines militares) <p><u>Componente del Mensaje</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Compuesto por el mensaje de navegación D ($f_0/204800 = 50$ Hz), abarca las posiciones de los satélites, así como su estado.

Nota. En la tabla se observan las características de cada segmento del sistema de posicionamiento global.

2.2.6. Estructuras y Plataformas Marinas

2.2.6.1. Estructuras y Artefactos Marinos

Las estructuras marino-costeras descansan directamente sobre el fondo submarino, quedando fijas, entre ellas mencionamos: muelles, espigones, enrocado, entre otros; Los artefactos marino-costeros son construcciones flotantes no destinadas para navegar, operan en el medio

marino como apoyo o complemento para las actividades marinas, entre ellas tenemos: tuberías, boyas, chatas, entre otros.

A continuación, se muestra un esquema de las diferentes estructuras y artefactos marinos.

Tabla 4. Estructuras y Artefactos Marinos

<p>Boyas</p> <p>Objetos flotantes empleadas como ayuda para la navegación delimitando por ejemplo un canal de navegación, también sirven como puntos de referencia o para señalar rocas sumergidas, embarcaciones hundidas, etc. Existen boyas de señalización, oceanográficas, etc.</p>	 <p>Nota. Sembrado de boyas oceanográficas, 2019, Marina de guerra del Perú</p>
 <p>Nota. Muelle Pimentel, 2020, Fotografía propia.</p>	<p>Muelle</p> <p>Son estructuras de concreto o madera, cuya ejecución se da en el agua, ya sea en el mar, río o un lago, están edificadas con la finalidad de permitir atracar embarcaciones para realizar tareas de carga o descargue de mercancías o personas.</p>
<p>Espigones</p> <p>Estructura en forma de muro que se construye en la orilla de un río o del mar y que sirve generalmente para proteger esta orilla o para modificar la dirección de la corriente.</p>	 <p>Nota. Espigón en Miraflores, Juan Jesus Diaz, 2015, mapio.net</p>
 <p>Nota. Enrocado en playa de Trujillo, 2015, La República.</p>	<p>Enrocado</p> <p>Son bloques de rocas de gran tamaño, lo cual se colocan sobre mantos de geotextil cubriendo el área de la orilla que se requiere proteger.</p>

Plataformas y torres de extracción de hidrocarburos

Estructuras de grandes dimensiones que tiene como función la extracción de petróleo del fondo submarino, cuentan con torres de telecomunicaciones y vivienda de los operadores.



Nota. Perú-Petro licitará 9 lotes petroleros, 2013, El Comercio.



Nota. Emisor submarino - PTAR la Chira, 2016, klac.com

Emisores, tuberías, cables submarinos

Son Estructuras que se instalan en el fondo submarino ya sean para transporte de aguas residuales para su tratamiento en el caso de emisores, tuberías submarinas para el transporte de petróleo, gas o agua y los cables submarinos para transportar energía eléctrica.

Chata de absorción de pescado

Es un artefacto flotante y fijo en el mar con un sistema de anclaje y mantienen una posición geográfica determinada y aprobada por la autoridad competente (DICAPI).



Nota. Actividad en chata flotante, 2018, tecnicnaval.blogspot.com



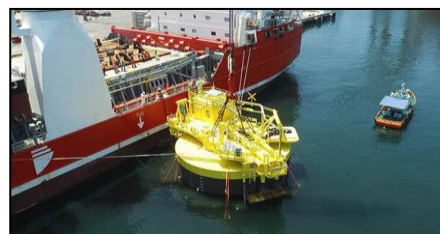
Nota. Dique flotante del Perú Paita, 2019, globalnpo.org.

Dique flotante

Artefacto que se sumerge inundando sus tanques para que pueda ingresar una nave y apoyarla sobre una disposición de bloques de varada previamente dispuestos y subir la estructura junto a la nave varada, disminuyendo el agua de los tanques inundados.

Amarradero Monoboyas y Multiboyas

Artefacto de acero flotante ancladas al fondo marino, constan de una o más boyas el cual permite el amarre de embarcaciones, mantienen una posición geográfica determinada y aprobada por la autoridad competente (DICAPI).



Nota. Refinería La Pampilla recibe monoboya, 2018, repsol.pe

Nota. En esta tabla se definen las diferentes estructuras marinas.

2.2.6.2. Plataformas Marinas

Son las embarcaciones donde se instalan los equipos disponibles para efectuar el levantamiento hidrográfico, A continuación, se muestra una tabla con las diferentes plataformas marinas.

Tabla 5. Plataformas Marinas

	<p>Buque</p> <p>Es un barco de grandes dimensiones, con varias cubiertas y está acondicionada para proyectos grandes, utilizado con fines comerciales o militares, es conveniente para la instalación de ecosonda multihaz y monohaz.</p>
<p>Es una embarcación con fines recreativos, su propulsión puede ser a motor o vela, es conveniente para la instalación de ecosonda multihaz y monohaz.</p>	 <p>Nota. Yate ISCHIA 28', 2015, ballotta.com.pe</p>
	<p>Lanchas</p> <p>Tipo de embarcación pequeña que puede o no tener cubierta, impulsada a motor o remos, destinada al transporte de personas o mercancías en zonas costeras o en ríos, es conveniente para la instalación de ecosonda multihaz y monohaz.</p>
<p>También conocidas como motos acuáticas, motos de agua, son un diferente tipo de embarcación más ligera que las anteriores mencionadas, sólo es conveniente para la instalación de ecosonda monohaz, debido a las dimensiones de la embarcación.</p>	 <p>Nota. Moto acuática, 2018, motorpasionmoto.com</p>



Kayac

Es una embarcación también conocida como canoa, de uno a cuatro tripulantes el cual es impulsada por remos, sólo es conveniente para la instalación de ecosonda monohaz, debido a las dimensiones de la embarcación.

Nota. Tour en Kayak, 2019, denomades.com

Vehículos autónomos de superficie

Son pequeñas plataformas que navegan con su propio sistema de propulsión dirigidos por un control remoto, su uso está limitado solo para aguas tranquilas. Existen dos tipos de embarcación:

Katamarán



Nota. HyDrone RCV Drone portable para batimetría, 2018, Geosistemas.

Mono Casco



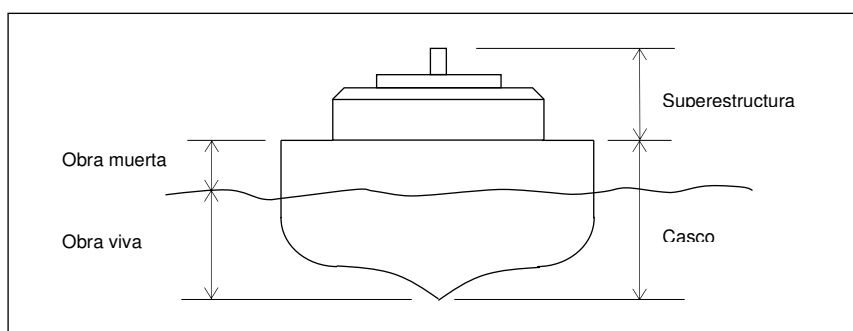
Nota. Mono casco HyperBathy, 2020, heliceo.com

Nota. En esta tabla se definen los diferentes artefactos marinos.

2.2.6.3. El barco

El barco cumple una función fundamental dentro de toda operación portuaria, ya que todo transporte de mercadería por mar se realiza a través de ellos, sirve también para el desplazamiento del ecosonda para los levantamientos batimétricos, éste se puede describir de dos partes importantes como son el casco y la superestructura.

Figura 5. Partes del Barco



Nota. Partes del barco, Fuentes, 2001, Ingeniería portuaria.

2.2.6.3.1. Partes principales del barco

- Casco

Tabla 6. Estructura del Casco del Barco

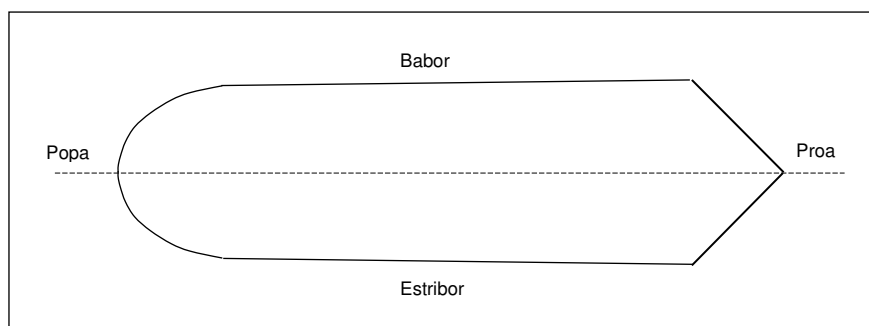
ELEMENTOS LINEALES	ELEMENTOS PLANOS
La quilla , elemento principal del casco formado por una pieza longitudinal de hierro o acero fundido ubicada en la parte inferior del mismo. Sobre este elemento descansan las demás piezas del casco. En sus extremos se levanta la roda que forma el extremo de proa y el codaste que forma la popa.	Planchas exteriores, del casco denominadas forros.
Las cuadernas , piezas curvilíneas que se intersecan a la quilla en sentido transversal a manera de costillas, dando forma al buque y sosteniendo el forro. La cuaderna cuyo contorno limita la mayor superficie que corresponde a la sección maestra es denominada cuaderna maestra.	Planos horizontales, llamados cubiertas, si están en la superestructura, y entrepuentes, si están en el casco. Planos verticales rigidizadores denominados mamparos.
Los baos, elementos horizontales transversales que sirven de arriostre a las cuadernas y de apoyo a las cubiertas.	Los mamparos, cubiertas y entrepuentes dividen el caso en bodegas, siendo posible la carga a través de aberturas denominadas escotillas. El casco se asemeja a un paralelopípedo, teniendo unas formas de transición hidrodinámicas a proa y popa, denominadas amuras y aletas, respectivamente.

Nota. En esta tabla el autor Fuentes, en su libro Ingeniería portuaria nos define las estructuras del casco de los barcos.

- Superestructura

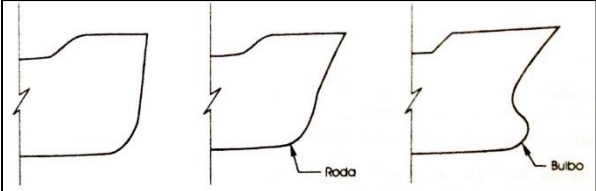

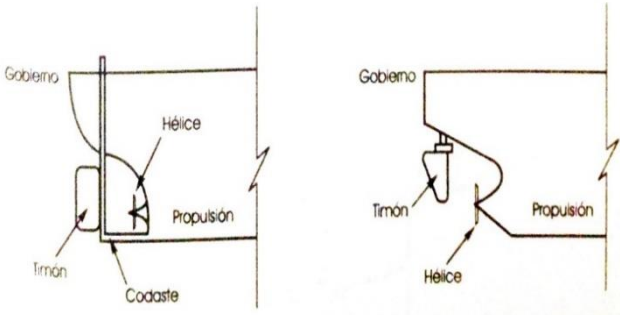

Formada por los alojamientos de la tripulación y de los órganos de gobierno del barco. De acuerdo con el sentido de navegación de la embarcación se denomina: proa a la parte frontal del barco, popa a la posterior, babor a la franja izquierda y estribor a la derecha.

Figura 6. Superestructura del Barco



Nota. Superestructura del barco, Fuentes, 2001, Ingeniería portuaria.

Tabla 7. Partes de la Embarcación según el Sentido

La proa	El estribor
<p>Presenta una forma afilada que permite ofrecer una menor resistencia al agua. Las embarcaciones modernas presentan en la proa un bulbo, el cual aumenta la eficiencia hidrodinámica del casco.</p> 	<p>En la embarcación se refiere al lado derecho de la embarcación con dirección a la proa, independiente al rumbo que tenga este.</p> 
La popa	El babor
<p>Tiene forma y dimensiones que facilitan el paso del agua que llena el vacío provocado por el avance del barco; y a la vez alojan los elementos de gobierno y propulsión.</p> 	<p>En la embarcación se refiere al lado izquierdo de la embarcación con dirección a la proa, independiente al rumbo que tenga este.</p> 

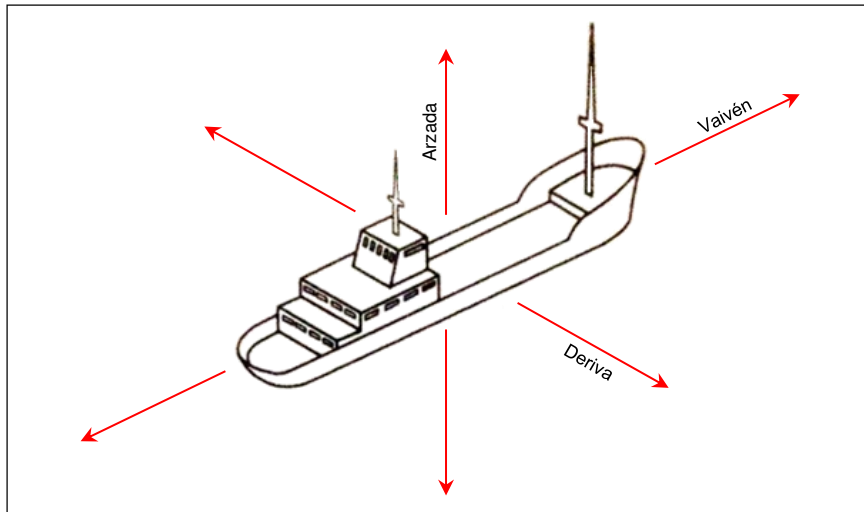
Nota. Partes de una embarcación, Fuentes, 2001, Ingeniería portuaria.

Las imágenes de proa y popa provienen del mismo libro, en el caso de estribor y babor se utilizaron imágenes de la Revista Digital Sailandtrip (2014) en su página <https://sailandtrip.com/partes-de-un-barco>

2.2.6.3.2. Movimientos del barco

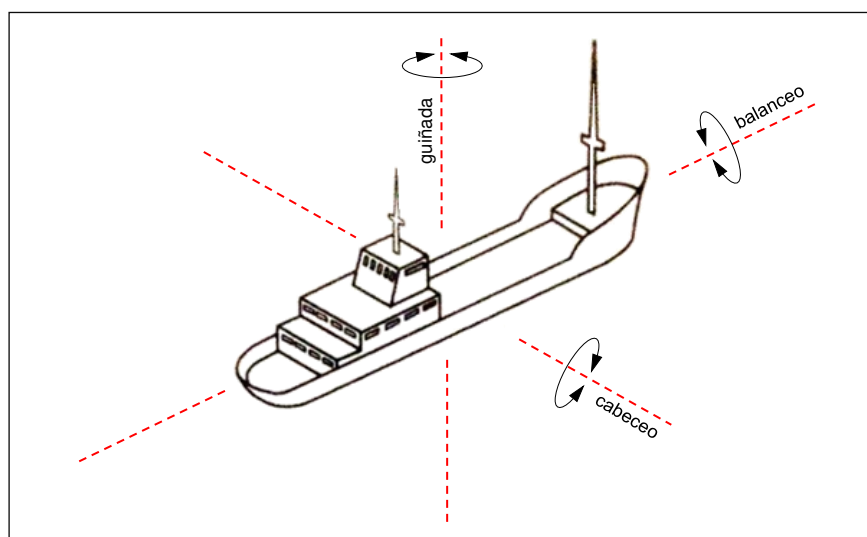
Un movimiento compuesto es la característica de los movimientos de los barcos. En mar libre y como consecuencia del oleaje, este puede descomponerse en tres desplazamientos: vaivén, deriva y arzada; y tres giros alrededor de los ejes del barco: balanceo, cabeceo y guiñada.

Figura 7. Desplazamientos del Barco: Vaivén, Deriva y Arzada



Nota. Desplazamientos del barco, Fuentes, 2001, Ingeniería portuaria.

Figura 8. Giros en ejes del Barco: Balanceo, Cabeceo y Guiñada



Nota. Giros en ejes del barco, Fuentes, 2001, Ingeniería portuaria.

2.3. Posicionamiento

En un levantamiento batimétrico, es necesario conocer la determinación de la posición de los puntos de apoyo en tierra, así como los diferentes métodos de posicionamiento en mar, para poder plasmar los sondeos en los planos batimétricos y/o cartas náuticas.

2.3.1. Métodos de Posicionamiento de puntos de apoyo en tierra

2.3.1.1. Posicionamiento Absoluto

Para este posicionamiento se utiliza un solo receptor, se determina las tres coordenadas del punto respecto al elipsoide geocéntrico WGS-84, estas se obtienen por pseudodistancias ya sea por código C/A o por código P. La precisión de este método es de 5 a 10 m.

2.3.1.2. Posicionamiento Relativo en Postproceso Estático

Los receptores permanecen quietos por un intervalo de tiempo, se posicionan varios en diferentes puntos y la observación es variable de acuerdo con la distancia entre las bases líneas.

La obtención de coordenadas se determina en gabinete.

Tabla 8. Posicionamiento Relativo en Postproceso Estático

Método para Distancia > 20 km	Ventajas:	Aplicaciones:
Se necesitan como mínimo 3 puntos de coordenadas establecidas	Más exacto, eficaz, accesible que los procedimientos topográficos convencionales, reemplaza la técnica tradicional de triangulación, etc.	Control Geodésico. Redes Nacionales e Internacionales. Redes Topográficos. Base de replanteo de obras. Control de Estructuras.
Longitud de Línea Base	Tiempo de Observación	Precisión Horizontal
≤ 20 km	1 hora	3 mm + 1 ppm
20 – 50 km	2 horas	3 mm + 1 ppm
50 – 100 km	Mínimo de 2 horas	3 mm + 1 ppm
> 100 km	Mínimo de 3 horas	3 m + 1 ppm

Nota. En esta tabla B. Valero, J.L. en su libro GNSS GPS fundamentos y aplicaciones en Geomática del 2014, nos menciona las ventajas y aplicaciones del posicionamiento relativo en postproceso estático.

2.3.1.3. Posicionamiento Relativo en Postproceso Cinemático:

Los receptores permanecen quietos por un intervalo de tiempo, se posicionan varios receptores en diferentes puntos, en este caso el período de observación es corto ya que las distancias de las bases líneas son menores a 20 km, la obtención de las coordenadas se determina en gabinete.

Tabla 9. Posicionamiento Relativo en Postproceso Cinemático

Método para Distancia < 20 km	Ventajas:	Aplicaciones:
Lapso de visualización; hasta no más de 30 minutos. Está sujeto de la distancia de la línea base, n° de satélites, ionósfera, GDOP debajo de 5, etc.	Imposibilita la transmisión de errores debido a que cada punto se calcula de manera independiente.	Levantamientos de control. Densificación de puntos. Reemplaza a la poligonación. Puntos de control. Apoyo Fotogramétrico.
Longitud de Línea Base	Tiempo de Observación	Precisión Horizontal
< 5 km	5 – 10 minutos	5 mm + 0.5 ppm
50 - 10 km	10 – 15 minutos	5 mm + 0.5 ppm
10 - 20 km	10 – 30 minutos	5 mm + 0.5 ppm

Nota. En esta tabla B. Valero, J.L. en su libro GNSS GPS fundamentos y aplicaciones en Geomática del 2014, nos menciona las ventajas y aplicaciones del posicionamiento relativo en postproceso cinemático.

2.3.2. Métodos de Posicionamiento convencional de los Sondajes

Según el (USACE, 2004), los métodos de posicionamiento terrestre incorporan procedimientos convencionales como actuales:

- Posicionamiento de Resección Sextante
- Posicionamiento de triangulación/intersección
- Posicionamiento visual
- Posicionamiento a cordel (tag line)
- Posicionamiento de rango acimut
- Sistema de Posicionamiento Electrónico (EPS)

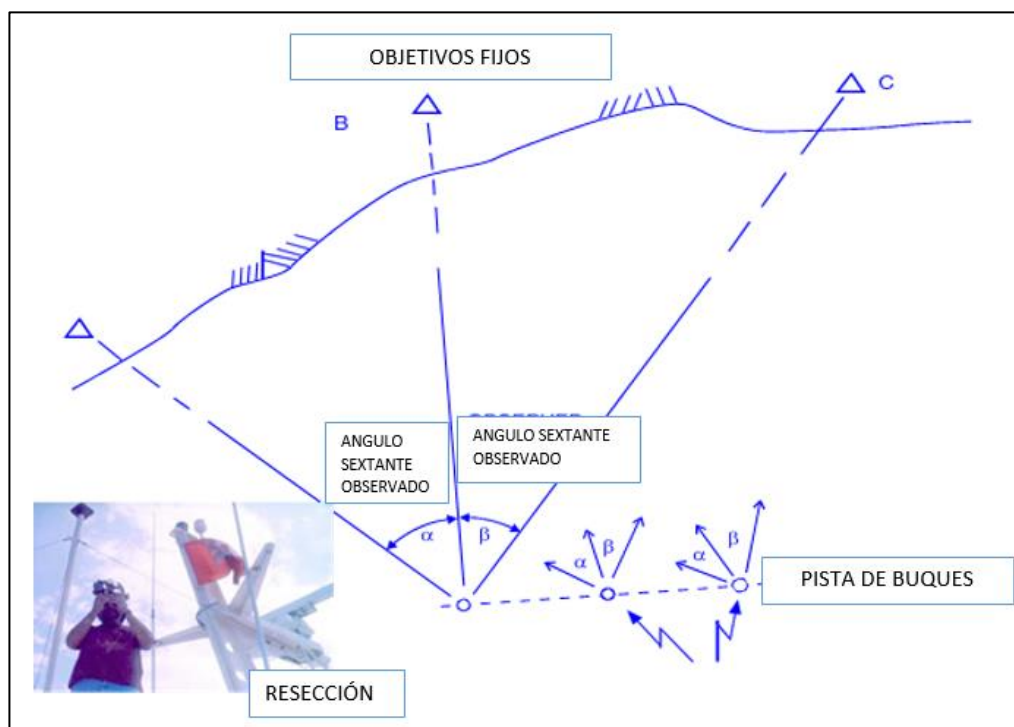
2.3.2.1. Posicionamiento de Resección Sextante

El posicionamiento de resección sextante se realiza mediante las lecturas de dos ángulos en la embarcación a tres puntos conocidos en la costa, se determina la posición horizontal mediante la intersección de estos dos ángulos.

Cuando se toman los ángulos hacia los tres objetos, esto generan circunferencias que al intersecarse determinan la posición.

Para la exactitud de esta metodología se debe considerar diversos factores como: la velocidad de la embarcación y la toma de datos, la habilidad en el que el operador toma los registros, la visibilidad de los objetos y precisión de las lecturas tomadas.

Esquema 1: Método de Resección Sextante



Nota. Resección sextante, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

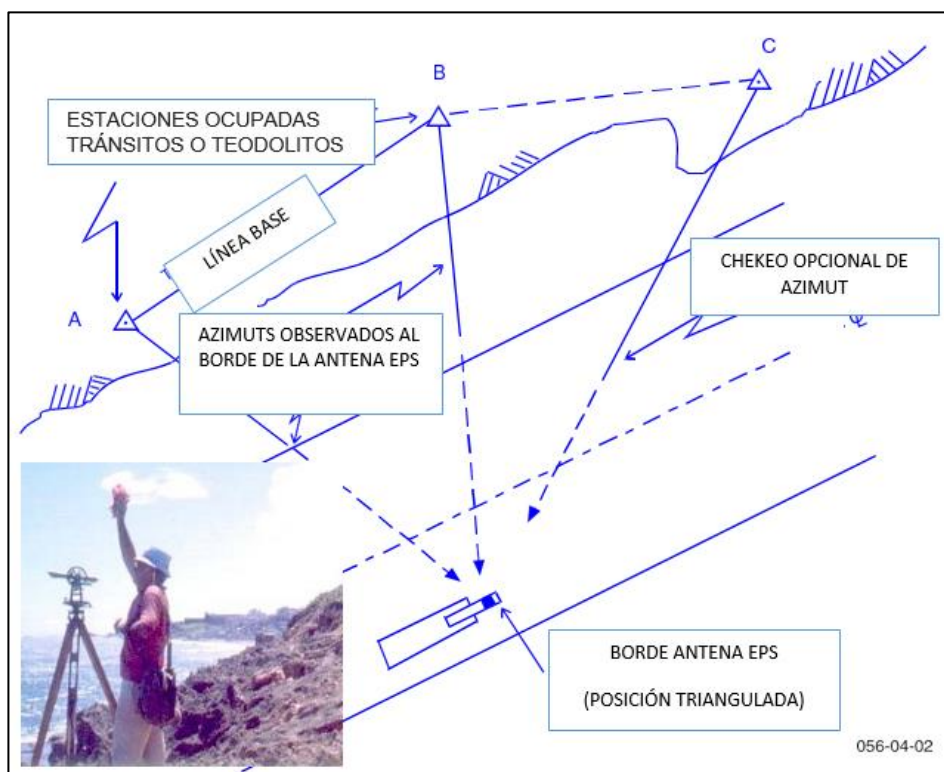
2.3.2.2. Posicionamiento de Triangulación/Intersección

Esa metodología establece que una embarcación es posicionada por observaciones de dos puntos en la costa, intersecando los azimuts de estos puntos para determinar su posición. Es recomendable esta técnica en donde la señal es obstruida y no puede utilizarse los sistemas de posicionamiento electrónico.

Se utiliza con más frecuencia estos instrumentos para determinar el azimut: estaciones totales y teodolitos geodésicos; aunque los más recientes son electrónicos.

La exactitud de este método dependerá del rastreo del punto marcado en la embarcación, que varía de acuerdo con la distancia entre el punto y el artefacto marino en todo el recorrido.

Esquema 2: Método de Posicionamiento de Triangulación/Intersección



Nota. Posicionamiento de triangulación, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

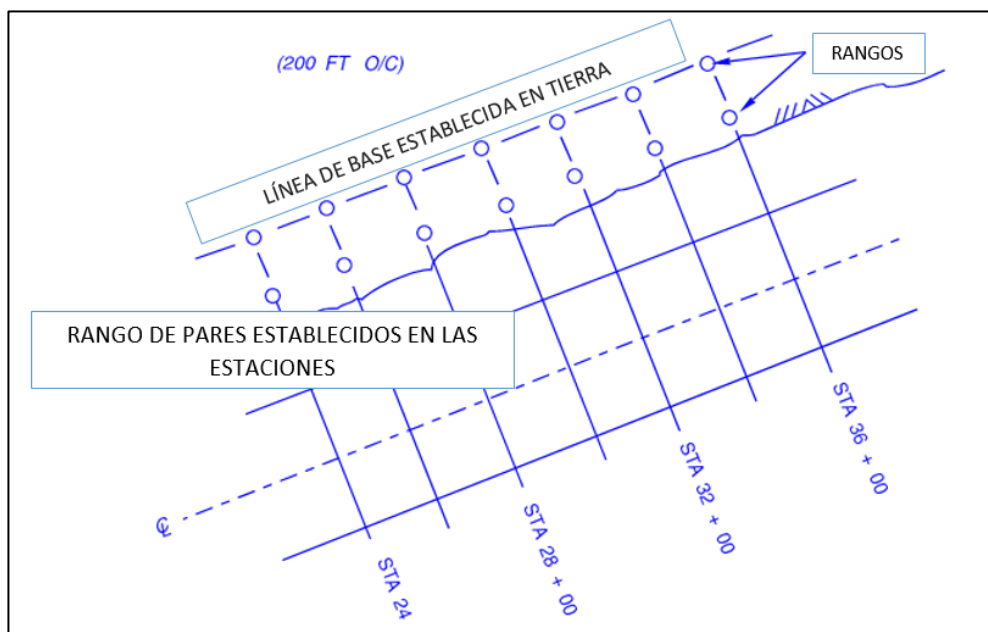
2.3.2.3. Posicionamiento Visual

Este método constantemente ha sido utilizado para establecer directrices elevadas y planas en la fabricación de mecanismos, estructuras portuarias, entre otras.

Los procedimientos variantes de localización de manera visual actualmente se efectúan muy poco, debido a la existencia de diferentes técnicas de posicionamiento EPS, rangos de acimut y sistemas de posicionamiento global; sin embargo, se recomienda para fines de exploración, donde se identifican características como: faros, marcadores, puentes y otras estructuras marítimas.

El método se basa en que la embarcación mantenga una velocidad uniforme entre todos los puntos o monumentos visibles o rangos de cruces; se usan estos alineadores cuando la embarcación está pasando paralelo al objeto de interés, se emplea laser o accesorios de apoyo para disminuir el error; las posiciones son interpoladas teniendo en cuenta una velocidad constante entre los puntos fijos. La precisión varía de acuerdo con la escala del mapa y las interpolaciones.

Esquema 3: Método de Posicionamiento Visual



Nota. Posicionamiento visual, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

2.3.2.4. Posicionamiento a Cordel

Esta metodología depende de las características de los equipos:

Observaciones estáticas: consiste en extender un cordel atado a un punto fijo de la embarcación, la observación de la posición se toma cuando el barco frena y tensa el cable sacándolo del agua.

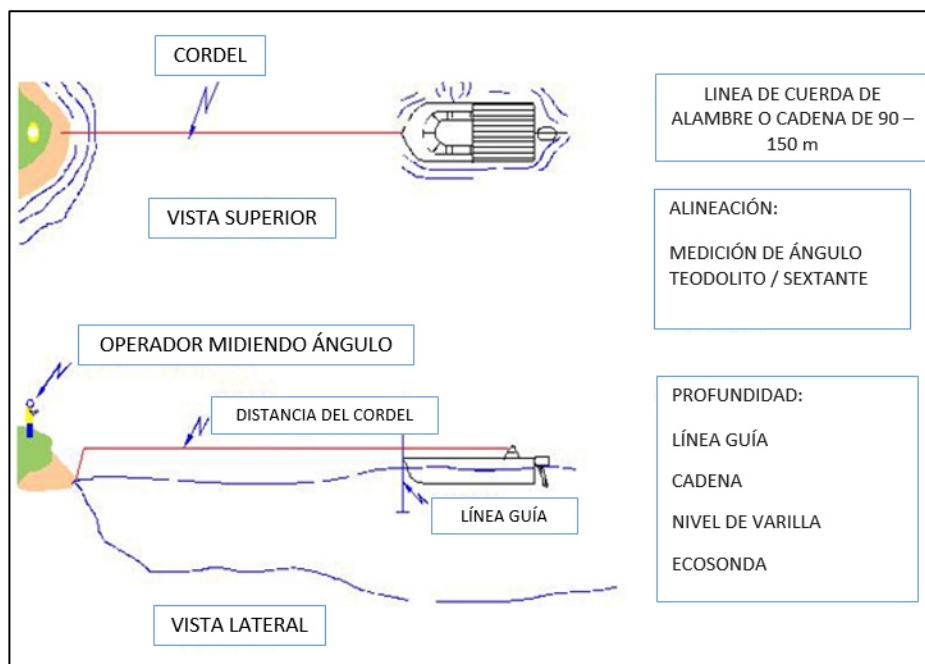
Levantamientos a cordel dinámico o continuo: en algunos casos los barridos a cordel se orientan a una forma activa utilizando ecosondas semejantes.

Sistema de extensión a cordel de botes en línea guía: el cordel es anclado a una embarcación posicionada que servirá como línea base para la determinación de la nueva posición.

Sistema de rango constante: se utiliza para mantener un rango uniforme desde la línea base establecida.

La precisión de la posición de un hito a cordel debe ser calculado efectuando la alineación y la longitud; semejante a las técnicas de barridos de rango azimuth, la calibración debe ser constante.

Esquema 4: Método de Posicionamiento a Cordel



Nota. Posicionamiento a cordel, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

2.3.2.5. Posicionamiento de Rango Azimut

La metodología consiste en la intersección de la distancia y el azimut de un punto fijo en la costa a la embarcación. Su empleabilidad se da sólo donde la señal del GPS es obstaculizada

Los barridos de ángulos (azimut) se deberían efectuar por instrumentos de medición de ángulo horizontal, las lecturas de longitud (rango) se deberían realizar mediante sistemas de posicionamiento electrónico. Los datos son anotados en una libreta de campo y transferidos a la embarcación a través de radios o medios de comunicación.

La precisión de una posición de rango-azimut se puede estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{RMS}_{95\%} = 1.73 \cdot \sqrt{[a^2 + (d \cdot \tan b)^2]} \quad \dots(1)$$

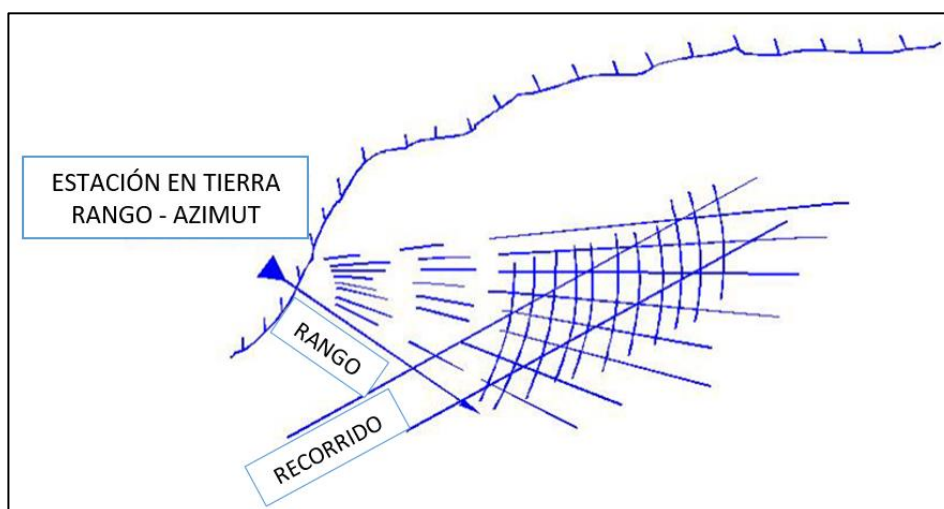
Dónde:

a = error estándar estimado del sistema de medición de distancia (distanciómetro, estadio, entre otros)

d = distancia costa afuera

b = error estándar estimado (en arco-seg) del sistema de medición de azimut (estación total, teodolito, sextante).

Esquema 5: Método de Posicionamiento Rango-Azimut



Nota. Posicionamiento Rango-Azimut, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

2.3.2.6. Sistema de Posicionamiento Electrónico (EPS)

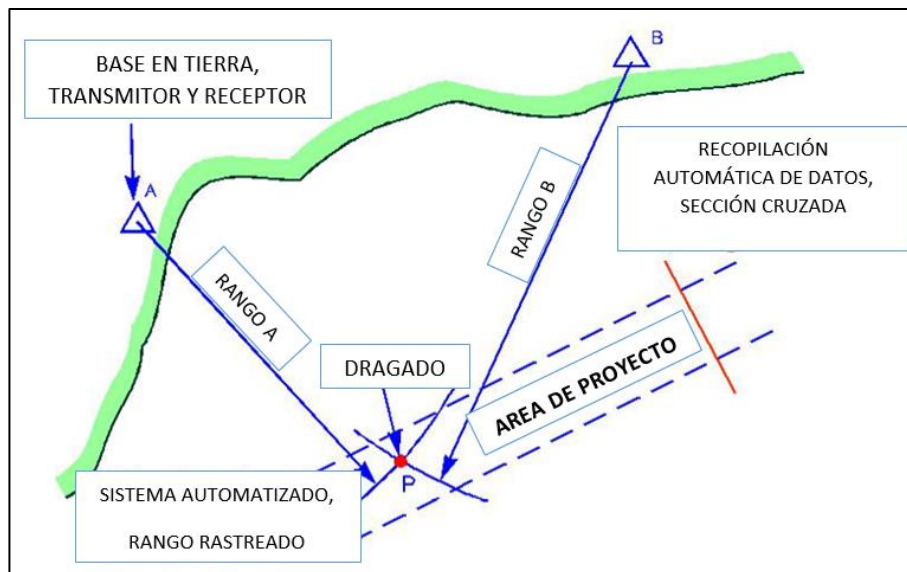
Esta metodología se basa en la medición de distancias electrónicas y trilateración, donde más elevada sea la frecuencia y una longitud de onda corta, mejor será la exactitud para el posicionamiento de la embarcación en un punto dado.

2.3.2.6.1. EPS Rango – Rango

Las distancias del punto de referencia a la embarcación generan una línea circular de posición (LCDP), esta al intersectarse con otra LCDP generan dos puntos de convergencia para determinar la posición.

El ángulo de intersección tiene una variación en función a la línea base, por lo que la precisión de la posición cambia a medida que la embarcación se desplaza.

Esquema 6: Método de Posicionamiento Intersección de Rango a Rango

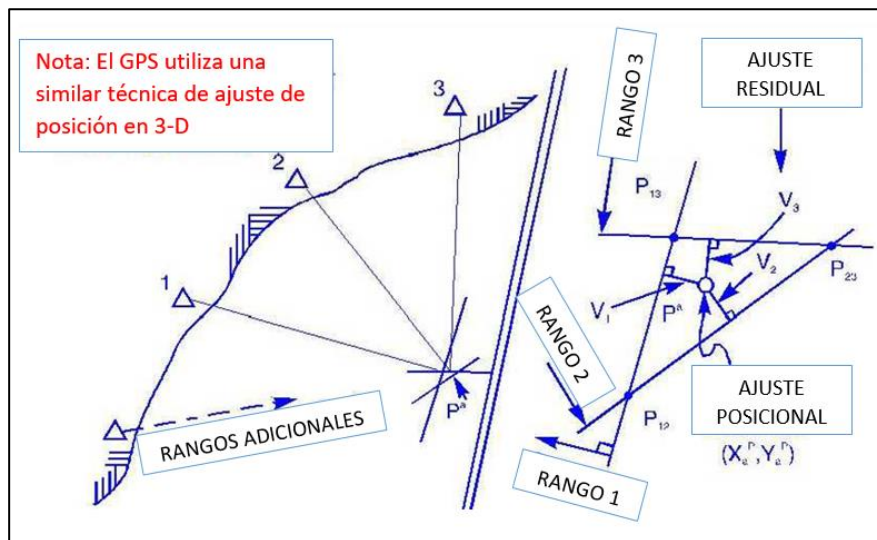


Nota. Posicionamiento Intersección de Rango a Rango, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

2.3.2.6.2. Posicionamiento de múltiple rango

Esta metodología determina la posición por la intersección de tres o más líneas circulares de posición. Las líneas circulares de posición (LCDP) no se intersecan ya que cada una posee un error de observación, se tiene que realizar un arreglo de las coordenadas, utilizando la técnica de mínimos cuadrados o por el vértice más estable del cruce.

Esquema 7: Método de Posicionamiento de Rango Múltiple



Nota. Posicionamiento de Rango Múltiple, 2004, U.S. Army Corps of Engineers – USACE.

Precisión de rango estimado:

$$(1-\sigma) = \sqrt{[\sum (v^2) / (n-1)]} \dots(2)$$

Dónde:

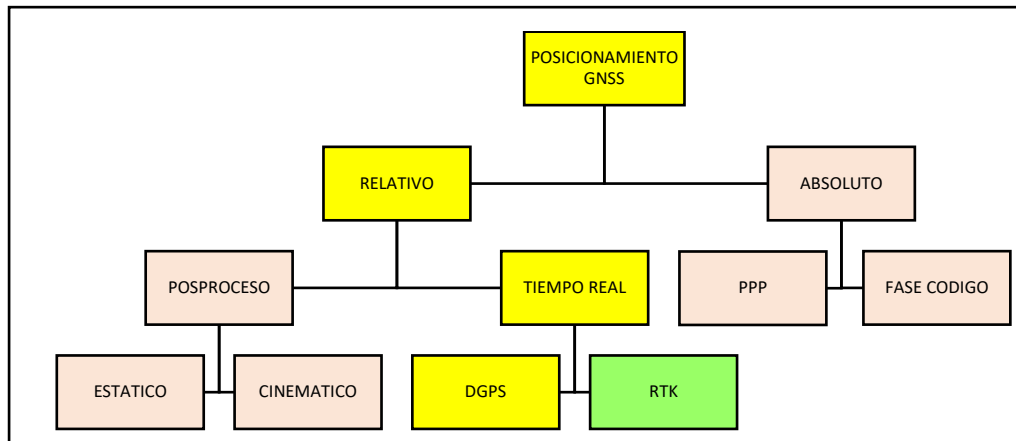
N = número de rangos observados

$\sum (v^2)$ = suma de los residuos al cuadrado

2.3.3. Métodos de Posicionamiento Satelital GNSS/GPS de los Sondajes

Los métodos factibles para la determinación del posicionamiento de la batimetría son los GNSS/GPS en tiempo real: DGPS y RTK.

Esquema 8: Posicionamiento GNSS/GPS



Nota. Posicionamiento GNSS/GPS, B. Valero, 2014, GNSS GPS fundamentos y aplicaciones en Geomática.

2.3.3.1. Posicionamiento Relativo en Tiempo Real Diferencial DGPS

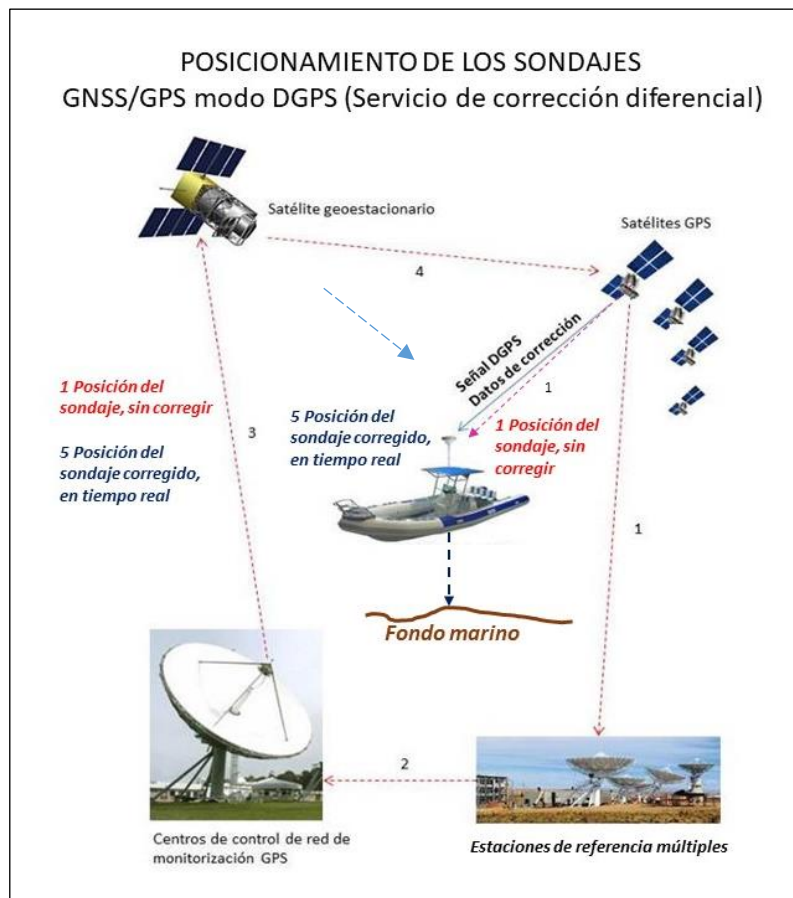
Utiliza dos receptores, una de referencia y otra móvil, necesita de un desarrollo de inicialización para la determinación de las ambigüedades, si estas no se resuelven se tiene que reiniciar el proceso, el cálculo de las coordenadas y líneas base se determina en el mismo instante.

Tabla 10. Posicionamiento Relativo en Tiempo Real Diferencial DGPS

Estación de Rastreo Temporal: Rastreo Continuo	Ventajas:	Aplicaciones:
Inicialización (Determinación de ambigüedades) Calculo OTF (resolución de ambigüedades) Recomendable para una buena precisión GDOP < 5	Mediciones continuas y rápidas Deben mantener en contacto mínimo con 3 satélites	Levantamientos de carreteras Cálculo de perfiles transversales. Levantamientos Hidrográficos. Determinación de puntos en espacios reducidos y en zonas libres de obstaculización de la señal.
	Inconvenientes:	
	En ocasiones que disminuya la señal de los satélites, se tiene que retornar a iniciar el proceso, esta metodología solo se utiliza en zonas despejadas.	

Nota. En esta tabla B. Valero, J.L. en su libro GNSS GPS fundamentos y aplicaciones en Geomática del 2014, nos menciona las ventajas y aplicaciones del posicionamiento relativo en tiempo real diferencial DGPS.

Figura 9. Posicionamiento de los sondeos



Nota. Posicionamiento de sondajes, 2019, Cortesía del Ing. Luis Huamán A.

2.3.3.2. Sistema de posicionamiento Marinestar

Es un servicio de posicionamiento, con suscripción, que codifica para cada receptor. La señal de corrección se recibe vía satélite, por lo que no existe ninguna limitación en cuanto a la distancia de la estación de referencia, como puede ocurrir en el modo de trabajo RTK, en el que se degrada la precisión de la posición cuanto más se aleje de la estación de referencia.

Existen diversos tipos de suscripciones en función del receptor (GPS o GNSS), así como en función del área en la que va a trabajar el receptor, pudiendo ser costera, regional o global.

Este servicio, en el Perú, es proporcionado por la empresa holandesa Fugro que opera una red mundial de estaciones de referencia capaces de rastrear sistemas GPS, Glonass, BeiDou y

Galileo y esta red se utiliza para calcular la órbita satelital precisa y las correcciones de reloj de las cuatro constelaciones en tiempo real para aplicaciones marítimas.

Actualmente hay 3 niveles de servicios: VBS (Estación de base virtual), XP (Rendimiento extendido), HP (alto rendimiento), no obstante, existe combinaciones de estos servicios, dependiendo de las zonas geográficas, que ayudan aumentar la precisión de la posición.

Tabla 11. Características de los servicios Marinestar

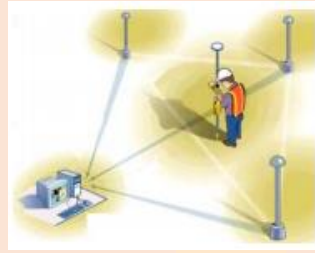
SERVICIO	SISTEMA	FRECUENCIA	UTILIZACIÓN DE DATOS	PRECISIÓN
VBS	GPS	L1	Estación de Referencia	60 cm – 4m
HP	GPS	L1/L2	Estación de Referencia	6 cm – 10 cm
XP	GPS	L1/L2	Orbita + Reloj	8 cm - 16 cm
XP2	GPS Glonass	L1/L2 L1/L2	Orbita + Reloj	8 cm - 12 cm
G2	GPS Glonass	L1/L2 L1/L2	Orbita + Reloj	7 cm - 12 cm
HPG2	GPS Glonass	L1/L2 L1/L2	Orbita + Reloj Estación de Referencia	6 cm – 12 cm
G4	GPS Glonass BeiDou Galileo	L1/L2 L1/L2 B1, B2 E1, E5	Orbita + Reloj	10 cm

Nota: En esta tabla la empresa Fugro - Marinestar GNSS Augmentación Services, 2015 nos menciona las características de sus servicios.

VBS (Estación de Base Virtual): Se basa en la determinación de una base virtual de referencia a partir de una red de estaciones que comprenden toda una región, el cual crea una base de datos tomando la información de las estaciones de referencia y las corrige constantemente en tiempo real. Su uso es aplicable en zonas lejanas de las estaciones de referencia.

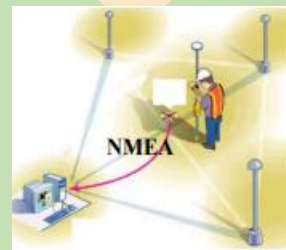
Esquema 9: Flujo de Datos VBS

El servidor central recibe los datos de las estaciones de referencia para crear un modelo del área que comprende la red. Crea una estación de base virtual cercana al rover que va a ser utilizada como una estación de referencia.

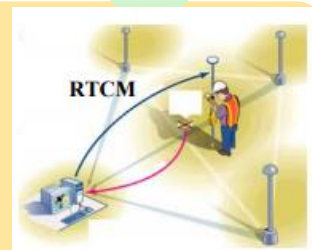


2. El rover envía su posición sin corregir al centro de control, lo realiza mediante el sistema de transmisión GSM/GPRS.

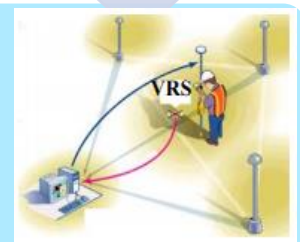
GSM: Global System for Mobile Communication
GPRS: General Packet Radio Service



3. El centro de control recibe la posición enviando correcciones RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Service) al receptor.



4. Seguidamente calcula una posición DGPS que se utiliza para actualizar su posición y transferirla de nuevo al servidor.



Nota. Flujo de datos VBS, Christian Luttenberger, Miguel Amor, 2004, Introducción al concepto de redes VRS (Virtual References Station).

2.3.3.3. Posicionamiento Relativo Cinemático en Tiempo Real (RTK)

Se emplea mínimo dos equipos, para la determinación de coordenadas del receptor se necesita de una estación de referencia de coordenadas conocidas y otra móvil que se irá desplazando por el recorrido trazado en gabinete así obteniéndose los vectores de incremento, con este

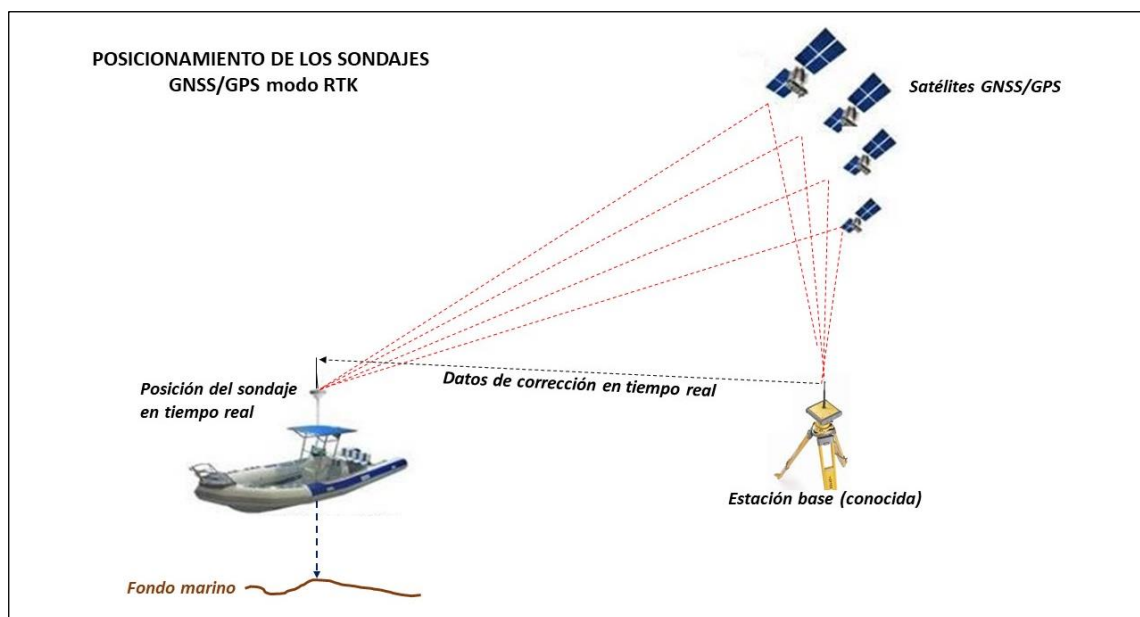
método se busca cuantificar los errores y corregirlos en tiempo real, el logro de las coordenadas y líneas referentes se determina en el lugar de la visualización.

Tabla 12. Posicionamiento Relativo en Tiempo Real Cinemático RTK

Receptor Base	Ventajas	Aplicaciones
<p>El radio base propaga la información tomados del centro de manejo</p> <p>El radio móvil acoge la información del radio base</p> <p>El controlador determina los valores de cada época que acepta, determina ambigüedades de cada uno de los satélites en un menor tiempo</p> <p>Alcance: 10 km</p> <p>Salida: WGS84 (X, Y, Z)</p> <p>Actualización de coordenadas: 1 a 2 segundos</p>	<p>Una sola persona para el manejo de la estación Rover o móvil, siempre y cuando la estación base este en un sitio confiable.</p> <p>Permite operar a largos intervalos de la estación base, esto estará sujeto del radio.</p> <p>Es efectivo y en un menor tiempo frente a la topografía tradicional</p>	<p>En trabajos de topografía, hidrografía y en trabajos de alta precisión.</p>

Nota. En esta tabla B. Valero, J.L. en su libro GNSS GPS fundamentos y aplicaciones en Geomática del 2014, nos menciona las ventajas y aplicaciones del posicionamiento relativo en tiempo real cinemático RTK.

Esquema 10: Corrección por Pseudorange



Nota. Corrección de Pseudorange, 2019, Cortesía del Ing. Luis Huamán A.

2.4. Determinación de la Profundidad (Batimetría)

El método de medición de la profundidad del océano en distintos lugares es denotado como levantamiento batimétrico. El procedimiento convencional para saber la depresión del declive marino es el proceso de sondaje, en el cual un artilugio sonda un determinado espacio siguiendo

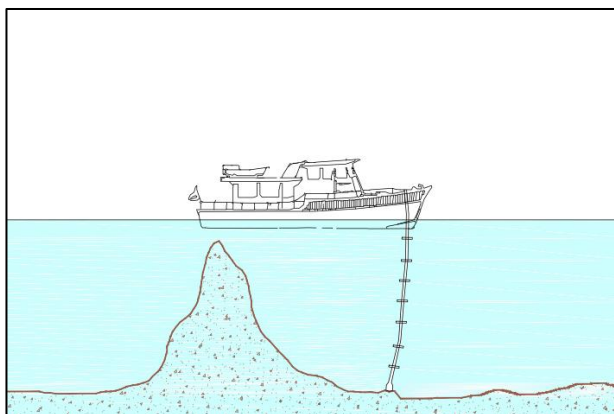
líneas paralelas y perpendiculares, homogéneamente separadas, en el que estas sondas señalan las profundidades de un lugar representando la morfología submarina.

2.4.1. Métodos de Determinación de Sondajes

2.4.1.1. Escandallo

Antiguamente fueron las primordiales sondas empleadas, está constituido por pesos de plomo amarrados a una sogá que se sumerge hasta hacer contacto con el fondo oceánico, el escandallo tiene una pobre exactitud en las medidas realizadas, al ser corrompido por la alteración del tamaño del material empleado y la no perpendicularidad de la sonda. Asimismo, es inverosímil el alcance de un vasto recubrimiento. En la actualidad el escandallo sigue siendo utilizado en trabajos característicos como la comprobación de calidad del fondo.

Figura 10. Método del Escandallo

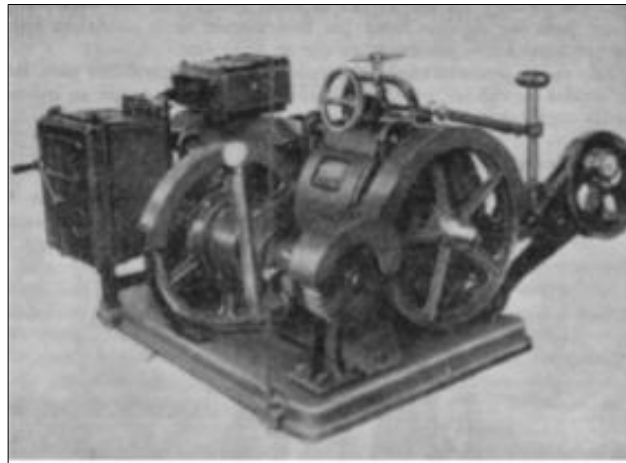


Nota. Método de escandallo, 2019, Elaboración propia

2.4.1.2. Sondas Mecánicas

Esta sonda está conformada por una bobina de alambre de acero y un mecanismo de toma de depresiones, este aparato reemplaza a la sonda de mano o escandallo, en el caso que el espacio a levantar era extenso. El obstáculo primordial de la utilización de las sondas viene incitado por la variación del desplazamiento, ya que la sonda no baja perpendicularmente, debido a la alteración por las corrientes, lo que hace disminuir la verticalidad al instante de efectuar el levantamiento.

Figura 11. Sonda Mecánica



Nota. Sonda mecánica (p. 15), León Martín, 2004, Del Escandallo al Multihaz.

2.4.1.3. Sonatas Eléctricas

Estas sondas emplean la electricidad para sustituir el funcionamiento de las sondas mecánicas. Está integrado a una soga que tiene un conductor de dos vías que es adaptable y que está aislado eléctricamente; los dos extremos de los hilos establecen contacto entre el mecanismo eléctrico y el surtidor de electricidad de una pila que se localiza en el buque o en la embarcación. En el momento que se sumerge la sonda el cilindro entra en fricción con la superficie del fondo, causando la activación de una campanilla o timbre. Luego el cable conductor es enrollado en un tambor rodante que pone en marcha un contador que indica la profundidad.

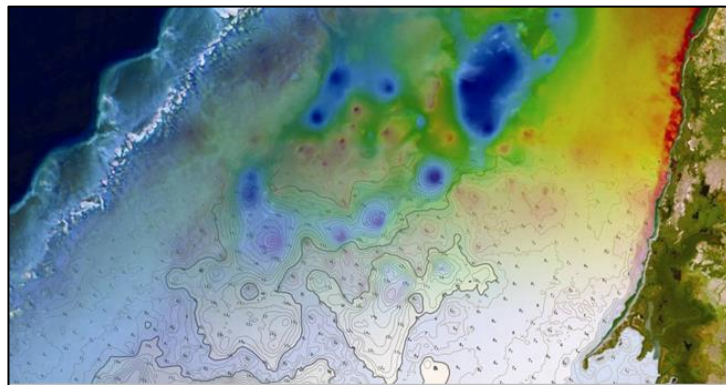
2.4.1.4. Satélite

El satélite Landsat y su Sistema de Escáner Multiespectral (sensor MMS), han servido para la efectucción de batimetrías en cuerpos de agua poco profundos, determinando la profundidad al captar la luz reflectada por la cubierta y el relieve del océano. Se insertan pixeles artificiales que otorguen la disparidad entre diferentes objetos, posteriormente se realizan gráficos examinando las profundidades que entrega cada sensor que tiene el satélite y mediante ponderaciones se obtiene la profundidad.

El satélite francés SPOT es aprovechado actualmente para efectuar batimetrías. Éste tiene un sensor HRV (Alta Resolución Visible), lo que logra perfeccionar significativamente la resolución y ampliar el factor estereoscópico; posibilita ejecutar mejor las profundidades.

El método por medio de satélite posee una precisión menor a los otros procedimientos convencionales, su virtud consiste en que se puede realizar a una escala mucho más grande.

Figura 12. Batimetría Satelital

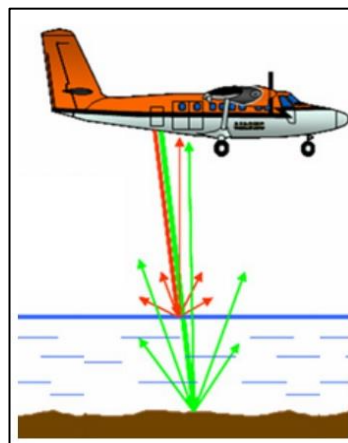


Nota. Batimetría satelital, Gómez, 2013, Análisis de métodos e instrumentación utilizada en la batimetría.

2.4.1.5. LIDAR (Láser Aerotransportado)

La batimetría alcanzada por medio de este procedimiento muestra gran precisión a no mayor de 3 m de profundidad, con alteraciones de 7 a 20 cm. El límite máximo en aguas marinas muy claras es en torno a los 50 m y de 10 m para aguas turbias próximas a la costa.

Figura 13. LIDAR (Láser Aerotransportado)



Nota. Lidar, Gómez, 2013, Análisis de métodos e instrumentación utilizada en la batimetría.

2.4.1.6. Sondeos Acústicos

Son las técnicas de batimetría más efectuadas actualmente y consiste en el tiempo que tarda una onda acústica en atravesar el espacio que separa el sondador (Transductor) del relieve marino.

Es de vital importancia conocer cómo se realiza la propagación de las ondas acústicas en el agua, ya que, los ecosondas hidrográficos utilizan pulsos de sonidos para determinar la profundidad.

La intensidad de la onda acústica (I), es la relación entre la cantidad de sonido que cruza por segundo en una determinada área.

$$I_r = \frac{P_r^2}{\rho c} \text{ W/m}^2 \quad \dots(3)$$

Donde:

P_r : Presión acústica efectiva a una distancia (r) del transductor

ρ : Densidad del agua en el mar (1026 Kg/m³)

c : Velocidad del sonido (1500 m/s)

La ecuación del sonar sirve para la determinación de la señal acústica en el medio marino, dada por la siguiente fórmula:

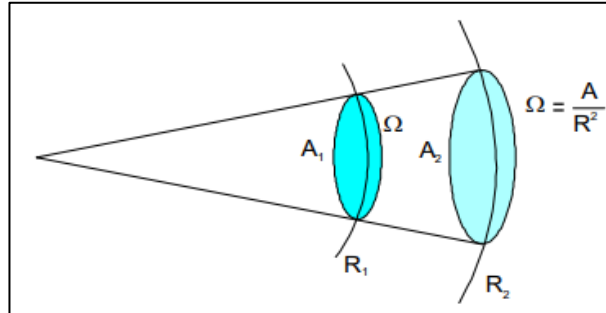
$$EE = SL + 2TL - (NL - DI) + BS - DT \quad \dots(4)$$

Nivel de Origen (SL): Es la relación que existe entre la intensidad de la señal acústica a una distancia de origen de 1m del transductor, con la intensidad acústica a una superficie de referencia.

$$SL = 10 \log_{10} \frac{I_1}{I_{ref}} \quad \dots(5)$$

Pérdida de Transmisión (TL): Es la pérdida de transmisión del sonar debido a la dispersión y absorción, con relación a las propiedades del agua.

Figura 14. Pérdida de transmisión



Fuente: Organización Hidrográfica Internacional – OHI (2005). Manual de Hidrografía

La potencia acústica (Π) es igual a la intensidad acústica por el área emitida, dando la siguiente fórmula:

$$\Pi = I_1 A_1 = I_2 A_2 \quad \dots(6)$$

En la figura, el área es igual al ángulo del cono (Ω), por el cuadrado del radio (R) de la superficie.

$$A_1 = \Omega R_1^2 \quad y \quad A_2 = \Omega R_2^2 \quad \dots(7)$$

Relacionando (7) en (6), tenemos:

$$I_1(\Omega R_1^2) = I_2(\Omega R_2^2)$$

$$I_1(R_1^2) = I_2(R_2^2)$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad \dots(8)$$

Reemplazando en el nivel de origen (SL), a una distancia inicial de 1m, la proporción de relación algorítmica que existe entre las intensidades en la pérdida de transmisión, debido a la dispersión es la siguiente:

$$10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log_{10} \frac{R_2^2}{1} = 20 \log_{10} R_2 \quad \dots(9)$$

Agregándole el coeficiente de dispersión (a), tenemos la ecuación de la pérdida de transmisión:

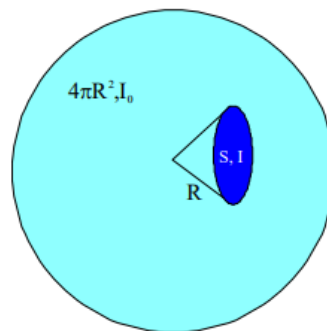
$$TL = 20\log_{10}R_2 + ar \quad \dots(10)$$

Nivel de Ruido (NL): Esta en función del ruido espectro ambiental (N0) causada por: lluvias, oleaje, especies marinas, actividad sísmica, entre otros; y el ancho de banda del transductor en el instante que recibe la señal (w).

$$NL = N0 + 10\log_{10} w \quad \dots(11)$$

Índice de Directividad (DI): Es la relación que existe entre la intensidad acústica del haz y la intensidad acústica de un pulso de una fuente omnidireccional.

Figura 15. Índice de directividad



Nota. Índice de directividad, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Se tiene que la potencia acústica (Π), es igual a la intensidad acústica por el área, ya que, las dos intensidades parten del mismo transductor con diferentes direcciones, se considera la misma potencia.

De la figura 16 se tiene:

$$\begin{aligned} \Pi &= I_0 4\pi R^2 = IS \\ \frac{I}{I_0} &= \frac{4\pi R^2}{S} \quad \dots(12) \end{aligned}$$

Teniendo como resultado:

$$DI = 10\log_{10} \frac{I}{I_{ref}} = 10\log_{10} \frac{4\pi R^2}{S} \quad \dots(13)$$

Fuerza Dispersa de Retorno (BS): Se determina por la suma logarítmica del índice de dispersión de retorno (SB) que está en función a las propiedades que tiene el fondo marino para reflejar y el área de dispersión instantánea (A).

$$BS = SB + 10\log_{10}A \dots(14)$$

Umbral de Detección (DT): es el nivel más bajo en el cual el ecosonda puede detectar los pulsos acústicos que regresan.

2.4.1.6.1. Ecosonda Monohaz

Los ecosondas monohaz son empleadas generalmente para la determinación de la morfología del fondo oceánico en la instalación o modificación de estructuras costeras de pequeña y mediana envergadura, así como para determinar el comportamiento del fondo marino de una playa o un pequeño sector marino - costero.

El tamaño de la huella del monohaz, está dada por la siguiente fórmula:

$$a = 2z \tan\left(\frac{\phi}{2}\right) \dots(15)$$

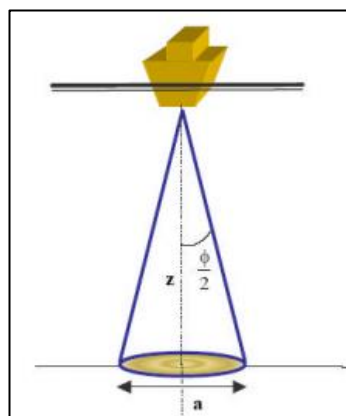
Donde:

a : longitud de la huella del haz

z : profundidad medida del haz

ϕ : ángulo del cono

Figura 16. Huella del Monohaz



Nota. Huella del monohaz, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Como ejemplo, tomamos un sondeaje de 6 m, con un ángulo del cono de 8°; barrido en la playa Ferroles, reemplazando en la ecuación (15):

$$a = 2(6) \tan\left(\frac{8}{2}\right)$$

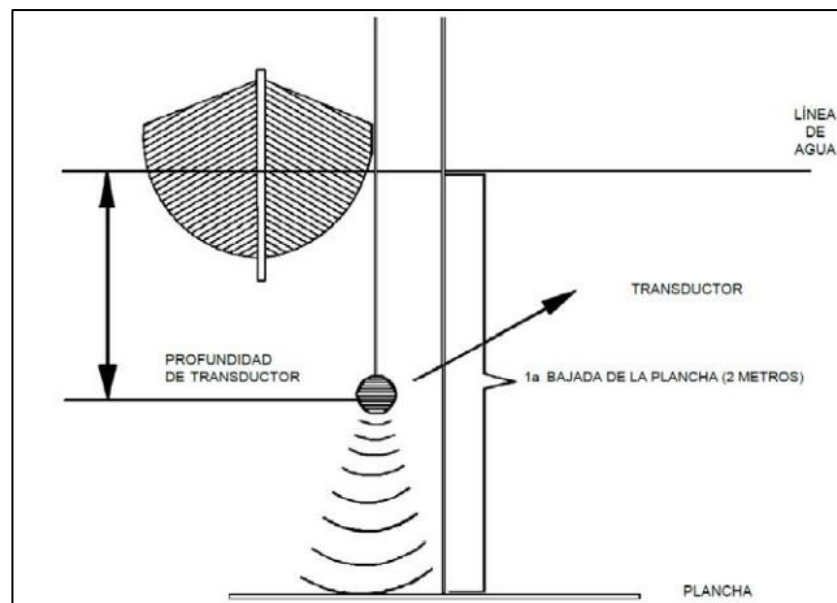
$$a = 0.84 \text{ m}$$

La longitud de la huella del monohaz tomado en la playa Ferroles es de 0.84 m.

Comprobación del Ecosonda Monohaz

La comprobación del ecosonda monohaz hidrográfica se efectuará mediante la plancha o escandallo, al inicio y término de cada levantamiento. Se efectuará en un mar calmado, donde las corrientes sean mínimas, para tener una medición clara.

Figura 17. Comprobación del Ecosonda Monohaz



Nota. Comprobación de Ecosonda Monohaz, 2017, DHN

Figura 18. Barrido con Ecosonda Monohaz



Nota. Elaboración propia, 2019, Marine Group.

2.4.1.6.2. Ecosonda Multihaz

El sistema multihaz al igual que otros sistemas de sonar, emite ondas de sonido en forma de abanico debajo del casco de la plataforma (Buque, yate, lancha, etc). A diferencia de otros sonares, los sistemas multihaz utilizan la formación de haz para extraer información direccional de las ondas sonoras que regresan, produciendo una franja de lecturas de profundidad. Cubren el fondo subacuático formando una franja amplia del fondo marino que puede llegar a recubrir hasta los 210°.

El área barrida para cada haz puede estar aproximada a un elipse, para determinar la longitud del elipse en dirección a la ruta de la embarcación, está dada por la siguiente fórmula:

$$a_y = \frac{2z}{\cos^2(\beta)} \tan\left(\frac{\phi_R}{2}\right) \dots(16)$$

Donde:

Z: profundidad medida del haz

β : cobertura angular entre los haces extremos

ϕ_R : ángulo del haz emitido para determinado elipse

Para determinar el ancho de la elipse, perpendicular a la ruta de la embarcación, está dada por la siguiente fórmula:

$$a_x = \frac{2z}{\cos^2(\beta)} \tan\left(\frac{\phi_T}{2}\right) \dots(17)$$

Donde:

Z: profundidad medida del haz

β : cobertura angular entre los haces extremos

ϕ_T : ángulo del haz transmitido para determinado elipse (es el doble del ϕ_R)

Para hallar la longitud o diámetro de toda la franja del barrido por el ecosonda hidrográfica multihaz, se mide de un extremo a otro extremo de los haces, cabe resaltar que también está influenciado por los movimientos debido a los oleajes y la corriente marina, así como la velocidad de la embarcación: está dada por la siguiente fórmula:

$$S_W = 2z \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \dots(18)$$

Z: profundidad medida del haz

β : cobertura angular entre los haces extremos

S_W : longitud de la franja

En la Figura 19 se muestra la cantidad de haces que dispara el transducer del ecosonda multihaz dependiendo de su ángulo a una profundidad promedio de 15 m.

Hallamos su ancho del haz menor:

$$a_y = \frac{2z}{\cos^2(\beta)} \tan\left(\frac{\phi_R}{2}\right) \dots(19)$$

$$a_y = \frac{2(15)}{\cos^2(8^\circ)} \tan\left(\frac{0.5^\circ}{2}\right)$$

$$a_y = 0.14 \text{ m}$$

Hallamos la longitud del haz menor:

$$a_x = \frac{2z}{\cos^2(\beta)} \tan\left(\frac{\phi_R}{2}\right) \dots(20)$$

$$a_x = \frac{2(15)}{\cos^2(8^\circ)} \tan\left(\frac{1^\circ}{2}\right)$$

$$a_x = 0.27 \text{ m}$$

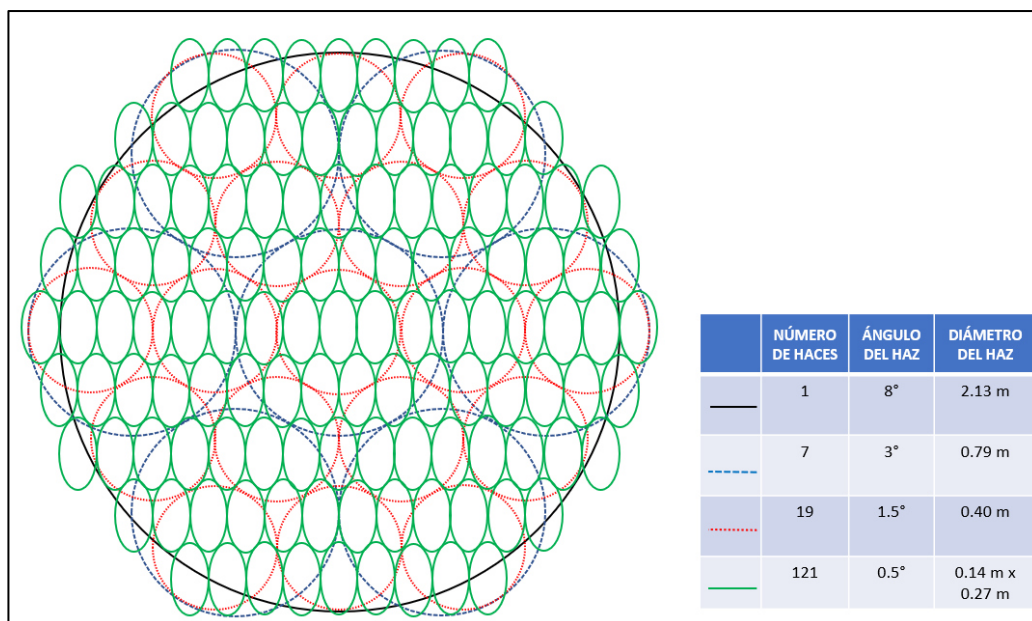
Por último, calculamos la longitud de la franja:

$$S_W = 2z \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \dots(21)$$

$$S_W = 2(15) \tan\left(\frac{8^\circ}{2}\right)$$

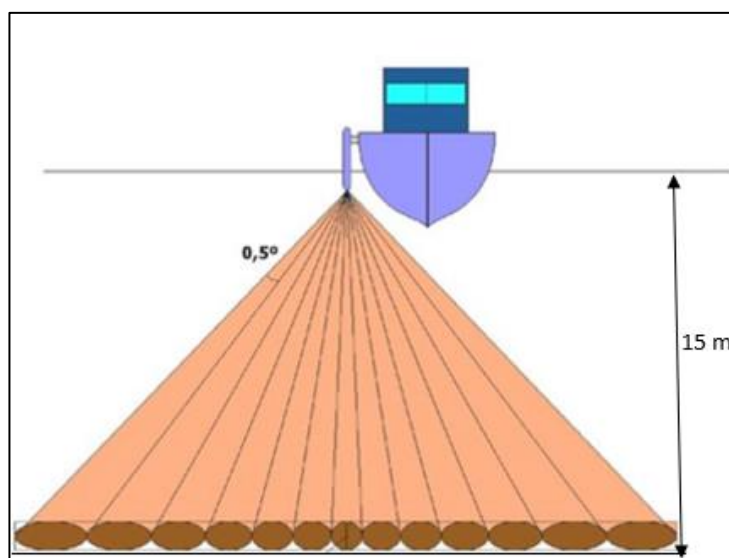
$$S_W = 2.13 \text{ m}$$

Figura 19. Dimensión de la Huella del Haz



Nota. Huella de haz, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack

Figura 20. Barrido de la Ecosonda Multihaz Hidrográfica



Nota. Barrido de ecosonda multihaz, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

En la siguiente tabla se muestra los equipos de un sistema multihaz y su instalación.

Tabla 13. Equipos del Sistema Multihaz

Sistema de Posicionamiento	Unidad de Referencia de Movimiento (MRU)
Da posicionamiento horizontal de los sondajes, la antena GNSS debe instalarse en un lugar fijo y alto de la embarcación, es recomendable que se encuentre en dirección del centro de gravedad del bote.	Sirve para corregir los movimientos de la embarcación por el oleaje, es necesario que esté el MRU en el centro de gravedad que pasa por eje de crujía o en lugar bien cercano.
Determinación de Rumbo	Sondador de Sonido
Se necesita 2 GPS Diferenciales en la embarcación, sirve para determinar el rumbo de la embarcación al momento de hacer el barrido, deben estar alineados, paralelos o perpendiculares al eje de crujías.	Registra la profundidad, es recomendable que se instale en el centro de gravedad de la embarcación, debe estar fijo ya que, si se encuentra en un lugar inestable, los datos registrados serán erróneos.

Nota. En esta tabla el programa Hypack en su Curso Multihaz Hypack del año 2014, nos menciona las funciones de los equipos del sistema Multihaz.

Prueba de Parcheo

Son las comprobaciones que se realizan con los equipos del sistema multihaz, cuando: se instala por primera vez en una embarcación, es un sistema portátil o se va a emplear después de un tiempo de inoperatividad; para evitar errores por movimiento y posición en el levantamiento y

cualquier desviación residual del sistema. Se efectúan 4 pruebas: cabeceo, guiñada, rolido y latencia.

Prueba de Latencia

Es el tiempo desfasado entre la posición y la profundidad. Para corregirlo, se tiene que recorrer dos pares de líneas a diferentes velocidades, el retardo del tiempo es hallado al medir la longitud descrita por la sonda a diferentes velocidades, dada por la siguiente fórmula:

$$\delta t = \frac{\Delta x}{v_2 - v_1} \dots (22)$$

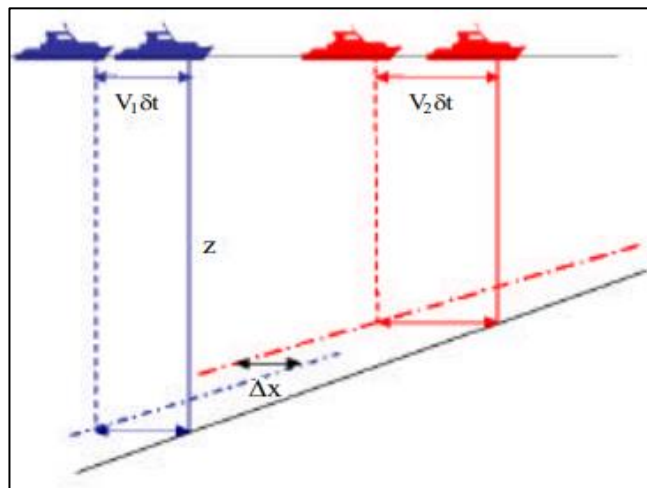
Donde:

δt : retardo de tiempo

Δx : separación horizontal entre los dos perfiles de sonido

v_1 y v_2 : velocidades de la embarcación para cada línea barrida

Figura 21. Prueba de latencia



Nota. Prueba de latencia, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Prueba de Cabeceo

Es el ángulo que se forma a partir de la unidad inercial del transducer y la perpendicular del plano de la embarcación en el momento del levantamiento. Para su cálculo es necesario recorrer dos pares de línea a una misma velocidad y luego medir su recorrido, dada por la siguiente fórmula:

$$\delta\theta_p = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta x}{2z}\right) \dots(23)$$

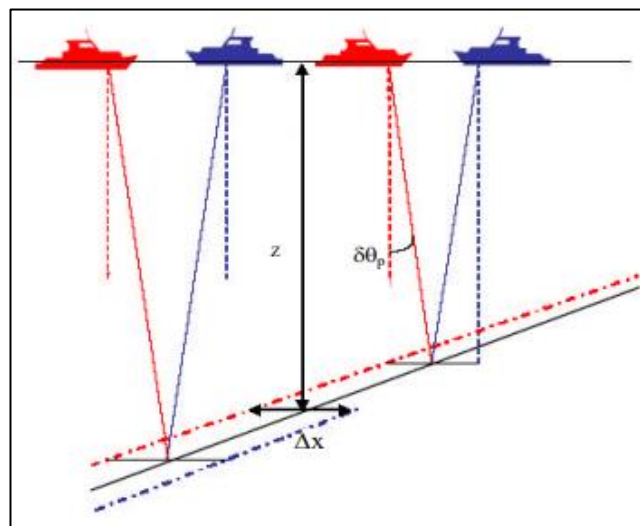
Donde:

$\delta\theta_p$: desfase por cabeceo

Δx : separación horizontal entre los dos perfiles de sonido

z : profundidad medida por el transducer

Figura 22. Prueba de cabeceo



Nota. Prueba de cabeceo, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Prueba de Guiñada

Es el ángulo formado por la línea perpendicular del transductor y el eje longitudinal de la embarcación. Para su cálculo se debe barrer dos líneas a la misma velocidad, las áreas levantadas por el sonar no deben traslaparse más del 20%, luego se mide el desplazamiento de las líneas adyacentes, dada por la siguiente fórmula:

$$\delta\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta x}{\Delta L}\right) \dots(24)$$

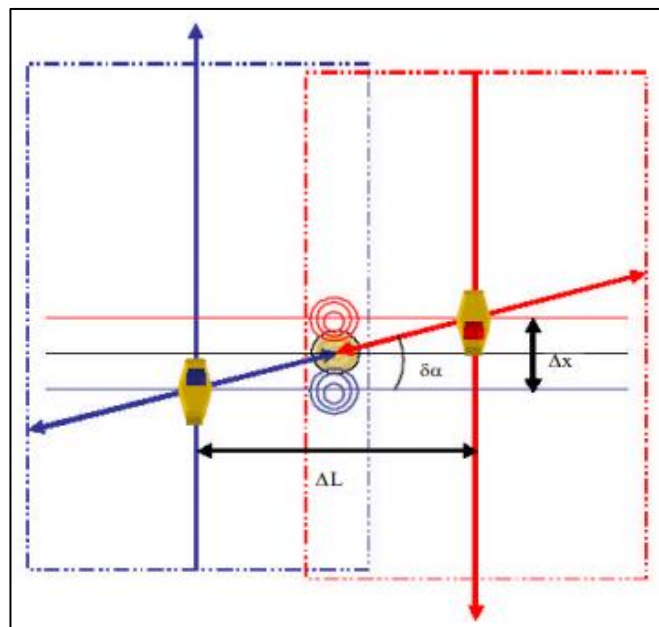
Donde:

$\delta\alpha$: desfase por azimuth

Δx : separación horizontal entre los dos perfiles de sonido

ΔL : Separación entre las líneas barridas

Figura 23. Prueba de guiñada



Nota. Prueba de guiñada, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Prueba de Rolido

Es el ángulo formado por la vertical inercial alineada con el transductor y la vertical del plano de la embarcación en el barrido. Para su cálculo se barre dos líneas iguales y luego se mide el desfase de los haces en los extremos, dada por la siguiente fórmula:

$$\delta\theta_R = \tan^{-1}\left(\frac{\Delta z}{2\Delta y}\right) \dots(25)$$

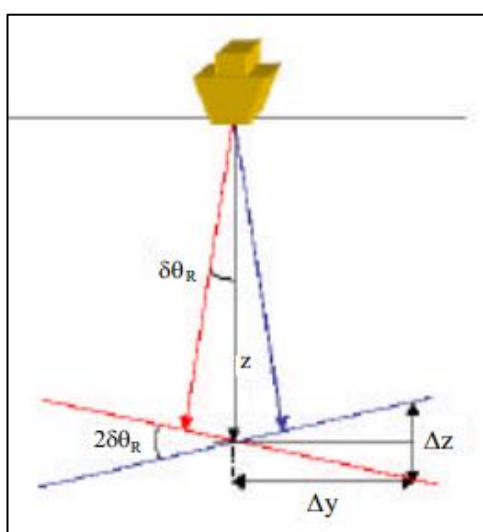
Donde:

$\delta\theta_R$: desfase por rolido

Δz : desplazamiento de los haces extremos de las líneas iguales

Δy : distancia entre el nadir y el haz extremo medido

Figura 24. Prueba de Rolido



Nota. Prueba de rolido, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Prueba de Desempeño

Es un barrido que se efectúa antes del levantamiento verdadero, donde se levanta un área pequeña casi plana, para corroborar que el sistema multihaz funciona bien y se obtengan datos fiables, se recomienda realizar 18 barridos de referencia (9 líneas paralelas y 9 perpendiculares)

con la separación al igual que la profundidad y efectuar el levantamiento en alta marea o baja marea para disminuir los errores.

Figura 25. Sondador Acústico de Profundidad (Multihaz)



Nota. Multihaz, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

2.4.1.7. Batimetría en zona de rompiente

La batimetría en zona de rompiente se realiza con el apoyo de buzos profesionales. Es un método bastante parecido al de la topografía terrestre.

Figura 26. Batimetría con Buzo



Nota. Batimetría con buzo, 2019, Marine Group.

Consiste en medir desde tierra, con una estación total, hacia prismas acondicionados a un tubo de PVC sellado (Para que flote y a la vez sea fácil de colocar en posición vertical al momento

de medir). Al medir, determinamos la cota del fondo que con algunas correcciones es igual al sonduje. Se aplica en zonas de rompientes, lugares de difícil acceso para la embarcación hidrográfica o áreas cercanas a la costa.

En la estación total se ingresa los datos de las coordenadas (X, Y) y se ingresa la elevación Z referido al NMBSO (nivel medio de bajamares de siciglias ordinarias), luego se hace la lectura del prisma situado en el mar. Finalmente, la altura de instrumento del prisma se resta a la lectura referida en ese lugar con respecto al NMBSO, obteniendo así el sonduje cartográfico.

En la Figura 27, tenemos:

L: lectura del prisma con respecto al NMBSO

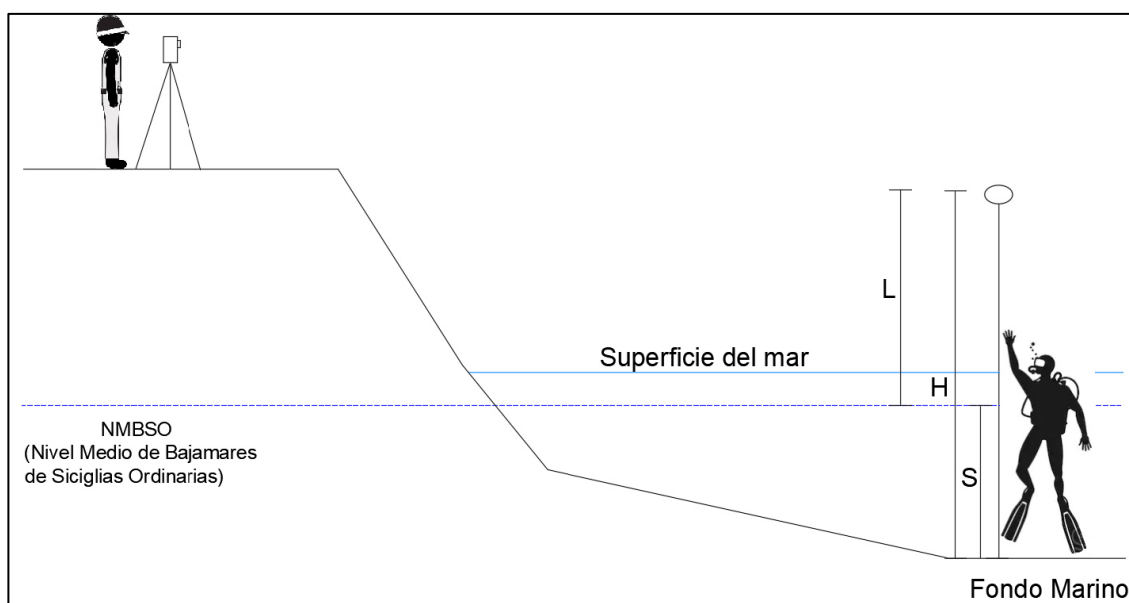
H: altura de instrumento

S: sonduje cartográfico

Dando como resultado:

$$S = H - L \dots (26)$$

Figura 27. Batimetría con Buzo



Nota. Batimetría con buzo, 2019, Elaboración Propia

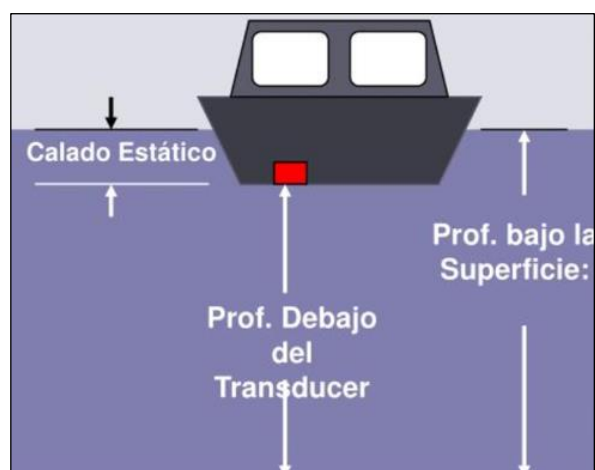
2.4.2. Corrección de Sondajes

Los sondajes son corregidos por diversos factores como: la presencia de la dinámica de las aguas, interferencias de sonido, peso de la embarcación o corrección por mareas que se verá al detalle más adelante. La corrección se realiza durante y después del barrido de las sondas, para dar una profundidad bien definida del fondo submarino.

2.4.2.1 Corrección por Calado Estático

Es la distancia entre la superficie del agua y la base del transductor del ecosonda posicionada en la embarcación en reposo. Para calcular la profundidad del fondo marino, se tiene que sumar el sondaje registrado por el ecosonda y el calado estático.

Figura 28. Calado Estático



Nota. Calado estático, 2014, Curso Multihaz Hypack.

2.4.2.2. Corrección por Calado Dinámico

Es la variación que se genera cuando se desplaza la embarcación con los equipos y el personal a bordo, el calado dinámico ajusta al calado estático, puede ser corregido en tiempo real como en post procesamiento, tiene dos componentes:

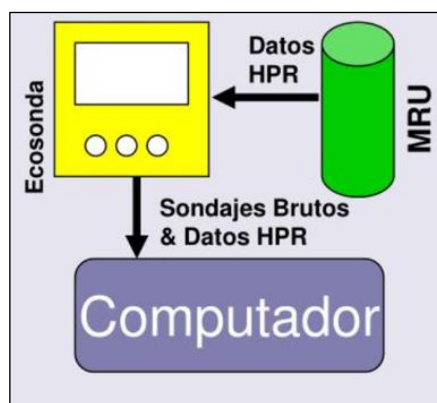
- Asentamiento: movimiento debajo de la embarcación causada por una onda de presión frente a la embarcación
- Squat: rotación de la embarcación causada por la afectación de una fuerza externa

2.4.2.3. Corrección por Oleaje

El sensor de oleaje MRU determina la variación de alturas sobre o debajo de su referencia vertical actual. La referencia vertical (heave) cambia en base al desplazamiento del sensor.

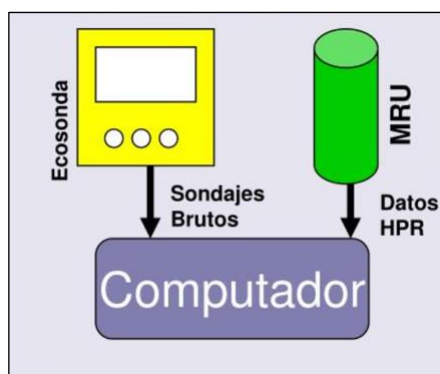
En la Figura 29, el MRU ajusta los sondeos registrados por el ecosonda y de ahí los procesa en el computador, para que corrija en el procesamiento para saber si ocurrió una deriva heave o se adquirió un mal dato del oleaje durante el levantamiento, en la Figura 30 se muestra una corrección directa del oleaje, lo que podría conllevar desfase en los datos adquiridos.

Figura 29. Corrección Procesada de Oleaje



Nota. Corrección procesada, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

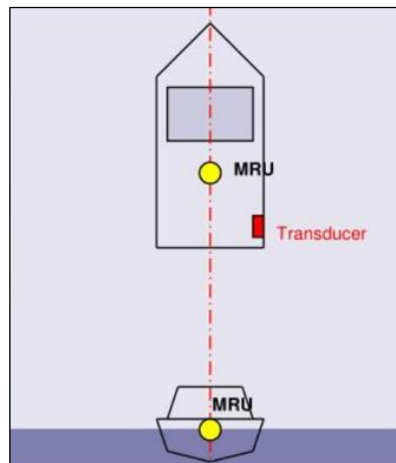
Figura 30. Corrección Directa de Oleaje



Nota. Corrección directa, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

El sensor debe ser ubicado en el centro de masa y al frente de la embarcación, en aguas tranquilas o en lugares donde el mar se encuentra protegido por accidentes naturales es prescindible el empleo del sensor MRU.

Figura 31. Instalación del MRU



Nota. Instalación del MRU, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

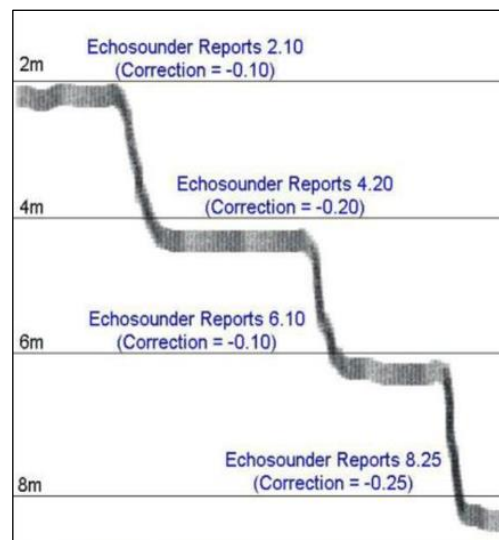
2.4.2.4. Corrección por Velocidad del Sonido

Existen 2 métodos para la corrección por la velocidad del sonido:

2.4.2.4.1. Ajuste de Sondajes

Se sumerge una barra a ciertas profundidades, anotamos los valores que registra el ecosonda, luego se ingresa la diferencia al programa Soundings Adjustments (SA), posteriormente se aplica la corrección a cada profundidad medida.

Figura 32. Ajuste de Sondajes Digital

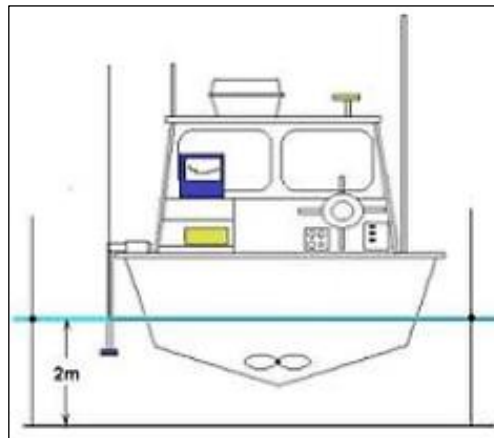


Nota. Ajuste de sondaje digital, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

2.4.2.4.2. Chequeo de Barra

Se sumerge una barra a 2 m debajo de la superficie del agua tal como se muestra en la Figura 24, se ajusta el ecosonda hasta que lea ese valor, luego sumergimos la barra hasta el lugar más profundo del área del levantamiento y ajustamos la velocidad del sonido hasta que el ecosonda lea este valor. Se repite los pasos anteriores hasta que no se tenga que hacer ajustes.

Figura 33. Chequeo de Barra

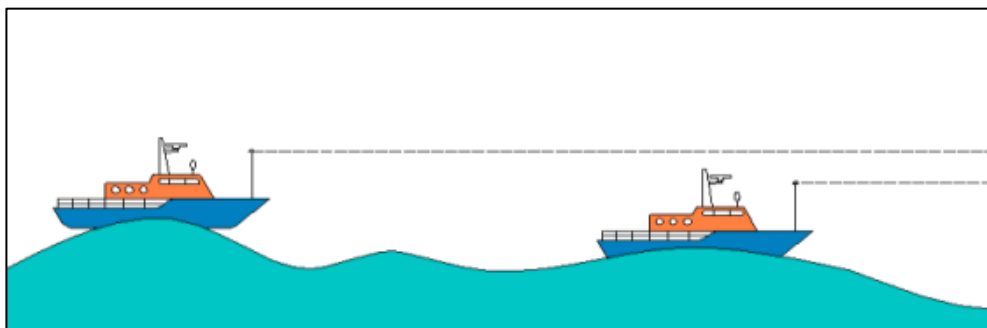


Nota. Chequeo de barra, Hypack, 2014, Curso Multihaz Hypack.

2.4.2.5. Corrección por Alteada

La alteada es el desplazamiento vertical de la embarcación debido a la marea y el oleaje. Para corregir este desfase se utilizan dispositivos que monitorean los desplazamientos en los tres ejes, sin embargo, con la marea RTK se puede corregir este aumento del nivel del mar.

Figura 34. Desplazamiento por Alteada



Nota. Consideraciones Operativas de los Sistemas Multihaz, 2018, Hydroacoustics.

En la figura 35, se explica el procedimiento como se determina la marea RTK y la obtención del sonduje cartográfico (es la distancia que existe entre la línea de bajamares de siciglias ordinarias y el fondo marino, representándose en un plano batimétrico)

Donde:

H: Altura de la antena sobre el espejo de agua

A: Altura de la antena con respecto al elipsoide de referencia

D: calado estático

P: distancia medida del ecosonda hasta el fondo del mar

N: diferencia entre la altura del geoide y el elipsoide

K: diferencia entre la altura del geoide y el datum vertical (NMBSO)

T: Marea RTK

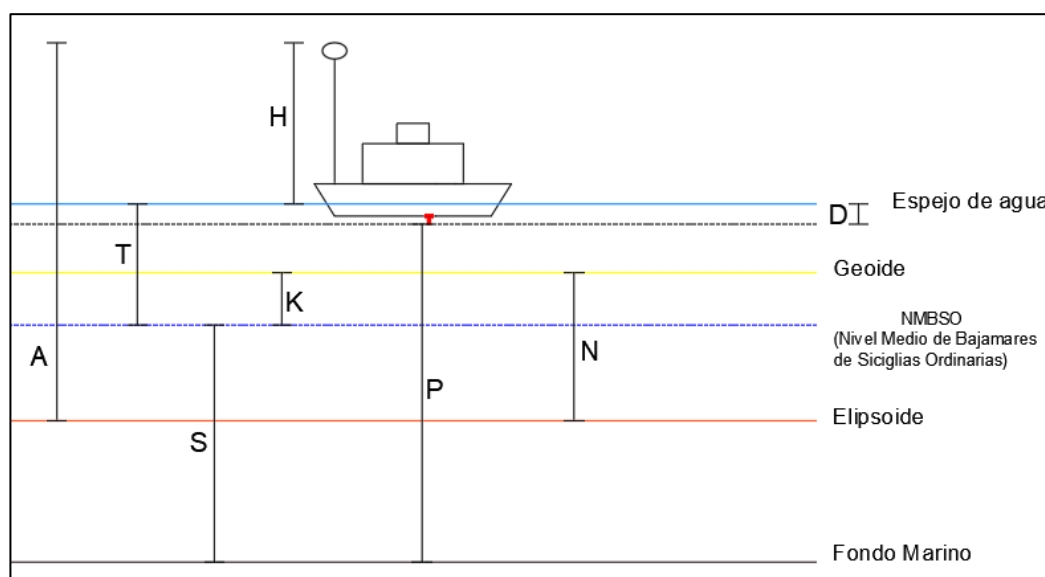
S: Sonduje Cartográfico

Para determinar la marea RTK (T); primero, se tiene que restar la diferencia entre la altura del geoide con el elipsoide (N), con la diferencia entre la altura del geoide y el nivel medio de bajamares de siciglias ordinarias (K); luego, esa resta sumarlo a la distancia comprendida entre la antena y el espejo de agua (H). Finalmente, la altura leída del receptor (A), restarlo a la suma anterior.

Resultando la ecuación siguiente:

$$T = A - (H + (N - K)) \quad \dots(27)$$

Figura 35. Marea RTK



Nota. Marea RTK, 2019, Elaboración Propia

El sondeo cartográfico (S), es el resultado de la suma de la distancia medida por el ecosonda (P), y el calado estático (D), menos la marea RTK (T).

Resultando la ecuación siguiente:

$$S = P + D - T \quad (28)$$

2.4.3. Clasificación de levantamientos

Para clasificar tenemos los Órdenes del Levantamiento, son normativas que permiten a las diferentes instituciones hidrográficas elaborar elementos para que las embarcaciones sigan rutas estables y sólidas a través de los lugares estudiados.

2.4.3.1. Orden Especial

El orden más estricto y su empleo se focaliza únicamente para aquellos espacios en el que es culminante la distancia entre la parte inferior del barco y el relieve marino. En donde se necesita un análisis absoluto del fondo y la magnitud de las características se mantiene premeditadamente menor, los barridos de esta orden deben ser manejados en zonas no mayores a 40 m de profundidad.

2.4.3.2. Orden 1a

Es recomendado para determinados lugares en el que el océano es medianamente somero, en donde la distancia entre el barco y el relieve marino tienen una preocupación menor que del orden especial, a partir de ciertas zonas donde el declive es superior que los 40 m.

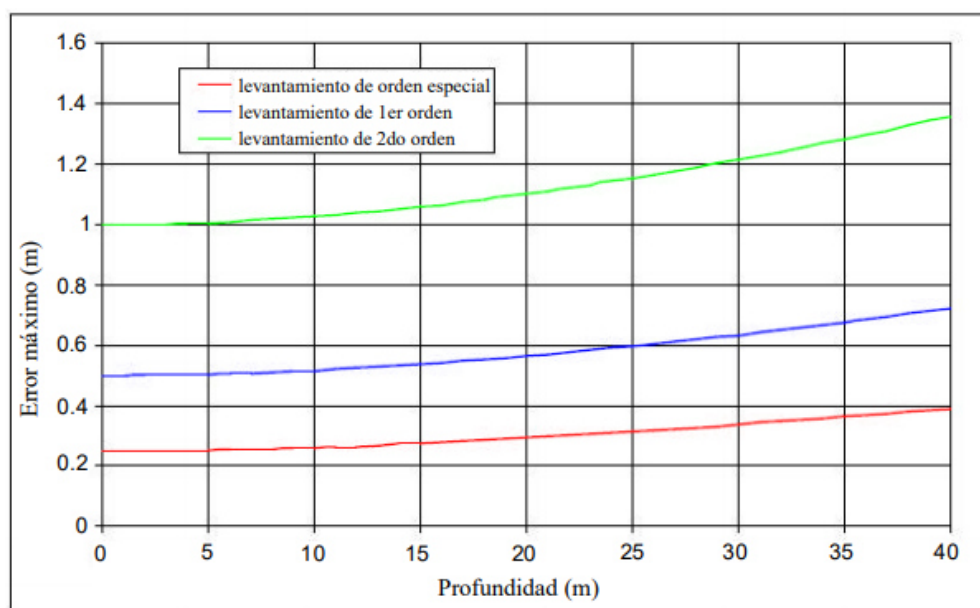
2.4.3.3. Orden 1b

Idóneo en zonas inferiores a 100 m, en el que una explicación común del relieve oceánico es aceptable para el tipo de artefactos marinos que se desplacen por ese lugar. Este Orden se propone donde la distancia entre la embarcación y el relieve marino no es una dificultad relevante.

2.4.3.4. Orden 2

Este Orden se aplica para determinadas zonas donde la descripción general de la morfología marina se considera conveniente. Se sugiere que los barridos de Orden 2 se encuentren restringidos para ámbitos más profundos que 100 m, dado que las características que sean considerables como para perjudicar a la navegación es difícil.

Figura 36. Comparación de los Errores Máximos



Nota. Comparación de los errores máximos, OHI, 2005, Manual de Hidrografía.

Tabla 14. Selección del sistema de Posicionamiento Horizontal en relación con las Órdenes de Levantamiento

Orden de levantamientos Hidrográficos (OHI)	Métodos de Posicionamiento Horizontal	RTK	EPS (Sistema de Posicionamiento Electrónico)	Rango - Azimut	Triangulación - Intersección	Resección Sectante	Cordel	Visual
Especial		Va de acorde con los requerimientos de esta orden, es bastante preciso para obras portuarias e infraestructuras costeras. (solo en fase portadora)	De ser usado no va con los requerimientos específicos de esta orden, ya que depende específicamente de los equipos utilizados	Va de acorde a esta orden siempre y cuando se levante con un equipo automatizado, su aplicación actualmente solo se da en lugares donde la señal GPS es interrumpida	Va de acorde a esta orden, actualmente solo se da en lugares donde la señal GPS ó EPS son interrumpidas, aunque se complementan con otros métodos convencionales	No va de acorde a los requerimientos de esta orden, ya que la separación máxima de los tres puntos es de 2 Km. y la dinámica del mar influye a una exactitud menor	De ser usado su aplicación solo se daría en lugares donde la señal GPS es interrumpida, sin embargo, este método debe usarse en una línea de base fija y en bajas corrientes marinas.	No va de acorde a esta orden, se utilizaría solo para complementar una alineación para la construcción de infraestructuras costeras
1a		Va de acorde con los requerimientos de esta orden, es bastante preciso para tránsito de embarcaciones	De ser usado va de acorde a este orden, siempre y cuando la frecuencia utilizada sea alta y corta la longitud de onda	Va de acorde a esta orden siempre y cuando se levante con un equipo automatizado y dentro de una distancia entre el equipo y la embarcación de 5 Km.	Va de acorde a esta orden, actualmente solo se da en lugares donde la señal GPS ó EPS son interrumpidas, la exactitud varía en relación con la intersección de los ángulos observados.	Va de acorde a los requerimientos de esta orden, siempre y cuando la separación máxima de los tres puntos sea de 2 Km o de 4 Km en escalas mayor a 10 000 y la dinámica del mar no es de consideración	Posicionamiento obsoleto, de ser usado no cumpliría los requisitos específicos ya que a una mayor distancia entre el operador y la embarcación menor es la exactitud	No va de acorde a esta orden, no cumple los requisitos específicos, se utilizaría solo para ayuda a la navegación
1b		No es necesario aplicar este método, la exactitud requerida para esta orden se puede lograr con un método convencional.	De ser usado si cumpliera esta orden sin embargo debería complementarse con un método convencional	Va de acorde a esta orden siempre y cuando dentro de una distancia de 5 Km.	Va de acorde a esta orden, la exactitud varía en relación con la distancia de la embarcación y el equipo	Va de acorde a esta orden, la dinámica del mar no es de consideración	Posicionamiento obsoleto, el método no es apropiado a mayor distancia	No va de acorde a esta orden, no cumple los requisitos específicos, se utilizaría solo para ayuda a la navegación
2		No es necesario aplicar este método, la exactitud requerida para esta orden se puede lograr con un método convencional.	sí cumpliera con los requisitos específicos de esta orden ya que la metodología aplicada es para levantamientos de reconocimiento	Va de acorde a esta orden siempre y cuando dentro de una distancia de 5 Km.	Va de acorde a esta orden	Va de acorde a esta orden, ya que la exactitud de este método está dentro de los requerimientos.	Posicionamiento obsoleto, el método no es apropiado a mayor distancia	Va de acorde con los requerimientos de esta orden, ya que se utiliza para levantamientos de reconocimientos

Nota. En esta tabla se comparan los diferentes métodos de posicionamiento Horizontal según su orden de levantamiento hidrográfico.

Tabla 15. Selección del Sistema de Posicionamiento Vertical en relación con las Órdenes de Levantamiento

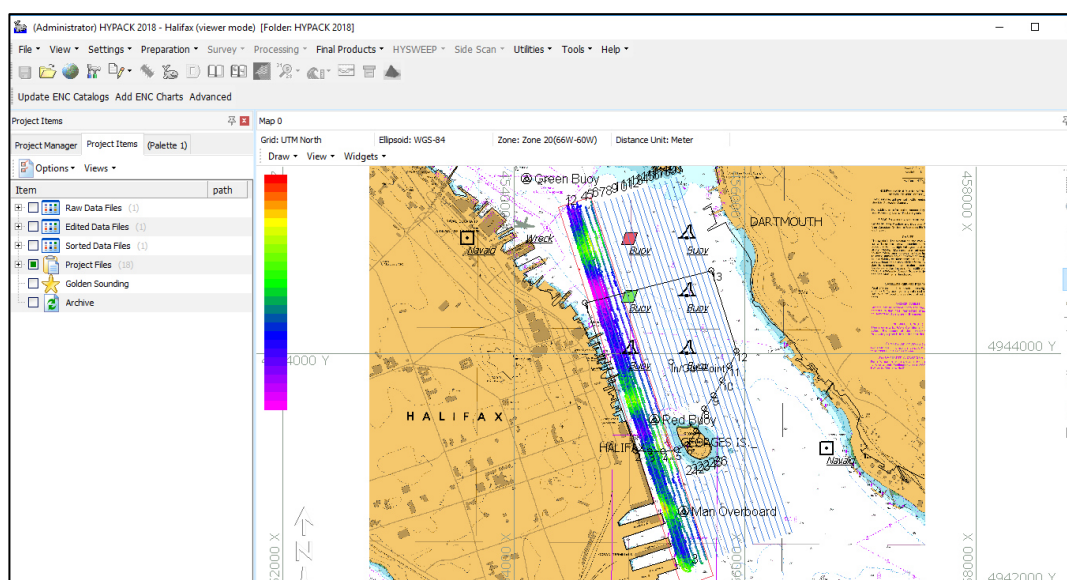
Métodos de Posicionamiento Vertical Orden de levantamientos Hidrográficos (OHI)	Escandallo	Sondas Mecánicas	Sondas Eléctricas	Satélite	LIDAR	Sondeos Acústicos
Especial	Sólo es empleada hasta una distancia de 15 m en línea ortogonal a los lugares correspondientes a puertos y muelles, es una metodología de comprobación.	Recubre más área que un escandallo, pero se obtiene errores por el desplazamiento ya que las corrientes marinas hacen perder la verticalidad de la sonda.	Recubre más área que un escandallo, pero se obtiene errores por el desplazamiento ya que las corrientes marinas hacen perder la verticalidad de la sonda.	Recubre una extensa área y se obtienen buenos resultados, pero en el Perú debido a las vertientes y el afloramiento, no es recomendable para esta orden.	El rango de profundidad efectiva del LiDAR es entre 1,5 a 60 metros, los factores que afectan este método son la claridad del agua, el material del fondo y el estado del mar.	Puesto que se necesita una búsqueda absoluta del relieve marino y recubrir un área extensa, se emplea el sondeo acústico de profundidad realizado con una ecosonda multihaz.
1a	Tiene poca precisión por las fluctuaciones marinas.	Tiene poca precisión por las fluctuaciones marinas.	Tiene poca precisión por las fluctuaciones marinas.	En esta orden las partículas en suspensión son menor por lo tanto la precisión es buena.		
1b	Sólo utilizable para barridos de reconocimiento.			En esta orden la profundidad es mayor y el error aumentaría, ya que los resultados son buenos en aguas poco profundas.	No es recomendable debido a la mayor profundidad que se tiene, ya que usualmente se emplea la luz láser verde, longitudes mayores no son adecuadas ya que favorecen la absorción del agua.	Como no se requiere una búsqueda completa del fondo marino se podría utilizar una ecosonda monohaz.
2		Sólo utilizable para barridos de reconocimiento.	Sólo utilizable para barridos de reconocimiento.			

Nota. En esta tabla se comparan los diferentes métodos de posicionamiento Vertical según su orden de levantamiento hidrográfico.

2.4.4. Software de levantamientos Hidrográficos

Existen en el mercado mundial varios softwares hidrográficos tales como el Hypack, Eiva, Hidromagic entre otros; en el Perú el software más usado para levantamientos hidrográficos es el Hypack, basado en Windows para la industria hidrográfica y de dragado. Este software recolecta datos de estudios hidrográficos, así como también el posicionamiento de la embarcación en proyectos de ingeniería. Proporciona al hidrógrafo las herramientas necesarias para diseñar estudios, recopilar datos, procesarlos, reducirlos y generar productos finales.

Figura 37. Software hidrográfico



Nota. Hypack, 2019, Software hidrográfico.

2.5. Mareas y Flujos de Agua

2.5.1. Mareas

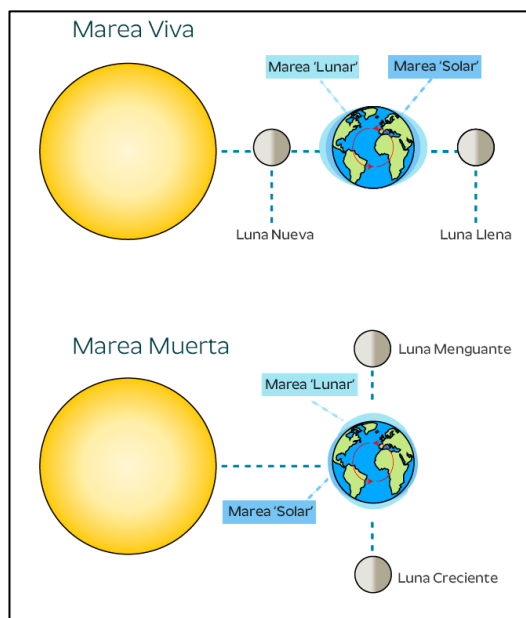
Se entiende como las alteraciones periódicas que impactan a los océanos y que muestra un desplazamiento constante de subida y bajada del nivel del mar a causa de la fuerza de la gravedad realizada por la Luna y en pequeño porcentaje por el Sol. (DHN, 2017).

2.5.1.1. Mareas gravitacionales

Los máximos de marea ocurren debido a que el centro del Sol, la Luna y la Tierra pasan por una recta imaginaria y de tal manera que estos dirijan sus fuerzas sobre el planeta. Las mayores

elevaciones se originarán días después de la luna llena o nueva, ocasionando las mareas vivas. El instante en que el centro de los tres cuerpos celestes esté en una misma línea recta se le denota sicigia.

Figura 38. Tipos de Mareas



Nota. Tipos de marea, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

En el momento que la Luna y el planeta determina un ángulo ortogonal con el Sol, las fuerzas ejercidas por aquellos astros se equiparán y se visualizan menores elevaciones de marea. Ocurre luego de unos días del primer y tercer cuarto de Luna, se denominan mareas muertas.

2.5.1.2. Mareas meteorológicas

Son las variaciones en el nivel del mar debido a ciertos factores climáticos o fuerzas exteriores. Por lo cual se halla influenciada por la temporadas o estaciones anuales, la ubicación del lugar, la latitud y la batimetría local.

2.5.2. Mareógrafos

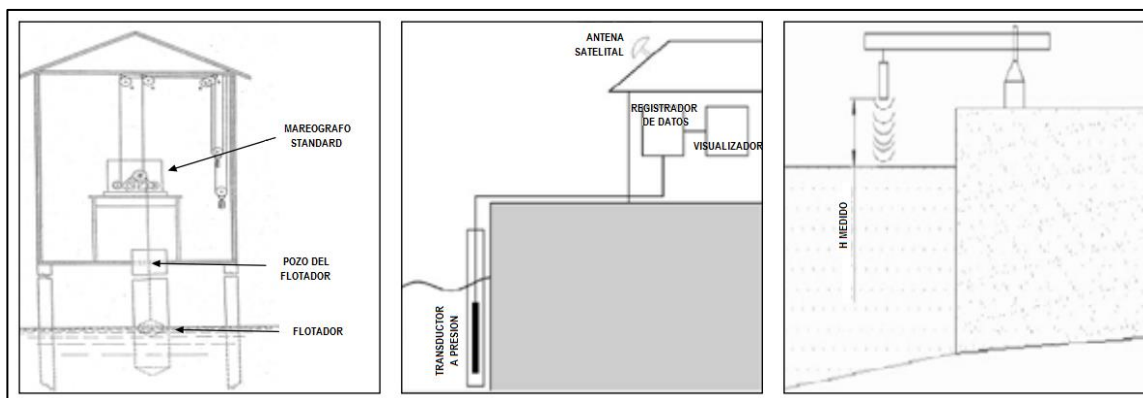
La Dirección de Hidrografía y Navegación lo define como una herramienta que se emplea para anotar y medir las fluctuaciones de la superficie del mar (mareas).

Es necesario que todos tengan por lo menos dos señales geodésicas que otorguen la conexión con el nivel de elevación de la red geodésica vertical nacional administrada por el IGN y el manejo del cero del puerto o inicio de las medidas. Una de ellas requiere estar cerca al mareógrafo y la otra en un sitio seguro, para que se pueda vigilar y observar probables movimientos del muelle.

2.5.2.1. Tipos de mareógrafos

- Mareógrafo de flotador: se encuentran recubiertos de los movimientos de las olas por un recipiente cilíndrico o un tubo. Las circulaciones de la marea se generan dentro, impactando al flotador que se encuentra unido a un mecanismo digitalizador que apunta los niveles de marea.
- Mareógrafo con sensor de presión: Poseen unas sondas idóneas para hallar la altura que afecta al mar por medio de un aparato que registra la presión realizada por el nivel del agua que se encuentra sobre un determinado sensor.
- Mareógrafos de ultrasonido: Emite y recibe señales de ultrasonido, ubicados a una determinada elevación sobre la cubierta del agua. El espacio entre el sensor y la cubierta acuática, llamada separación de aire se resuelve por medio de la velocidad del sonido y el lapso empleado del aparato en emite y acepta la señal.

Figura 39. Tipos de Mareógrafos



1. Mareógrafo de flotador, 2 Mareógrafo del tipo sensor de presión, 3. Mareógrafos de ultrasonido

Nota. Tipo de mareógrafos, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

2.5.2.2. Red Mareográfica del Perú

La Dirección de Hidrografía y Navegación, vigila los niveles de la zona marítima y se encuentra ejecutando una red de estaciones mareográficas en la costa peruana.

La red mareográfica se encuentra constituido de 10 estaciones tipo radar de muestreo; situadas en las provincias de La Cruz, Talara, Paita, Salaverry, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan, Matarani e Ilo.

Figura 40. Red Mareográfica del Perú



Nota. Red mareográfica del Perú, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

2.5.3. Datum Vertical

2.5.3.1. Nivel Medio del Mar

El nivel medio del mar se refiere a un componente de gran relevancia por la perspectiva topográfica. Se ha empleado frecuentemente para precisar el inicio del cero altitudinal de las redes de nivelación. Estableciendo el sistema referencial altimétrico. Se determina por el promedio de pleamares y bajamares durante un ciclo nodal lunar.

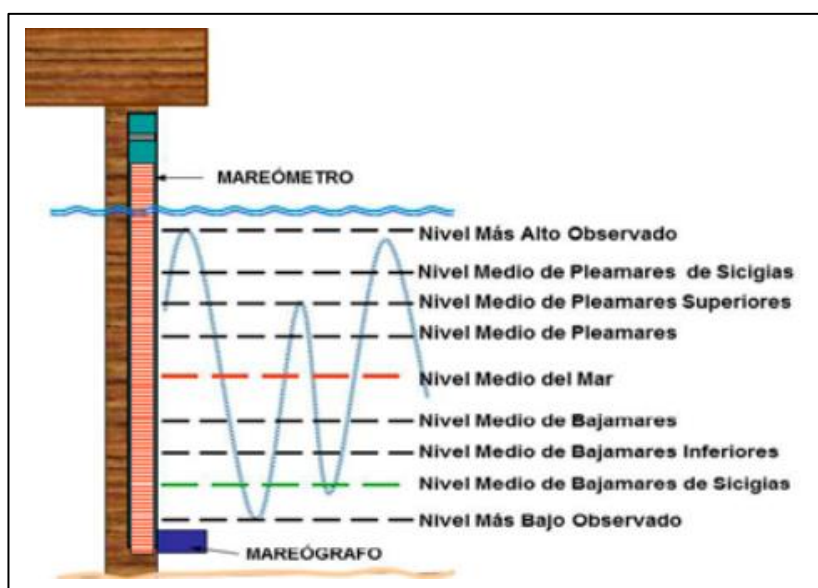
2.5.3.1.2. Normativa legal

De acuerdo con las especificaciones técnicas hidrográficas de la Dirección de Hidrografía y Navegación, el establecimiento del margen de la franja de 50 m de ancho equidistante a la LAM es de mayor relevancia para precisar los permisos marítimos, debido a lo cual la Dirección General de Capitanías y Guardacostas puede proporcionar aquella autorización.

2.5.3.2. Nivel Medio de Bajamares de Sicigias Ordinarias

El nivel medio de bajamares de sicigias ordinarias es el referente utilizado como el nivel “0” hidrográfico, se define por el promedio de las bajamares de mareas de sicigias durante el ciclo nodal lunar. En la imagen 41, se observa los diferentes niveles de referencia.

Figura 41. Niveles de Referencia



Nota. Niveles de referencia, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN.

Tabla 16. Niveles de Referencia

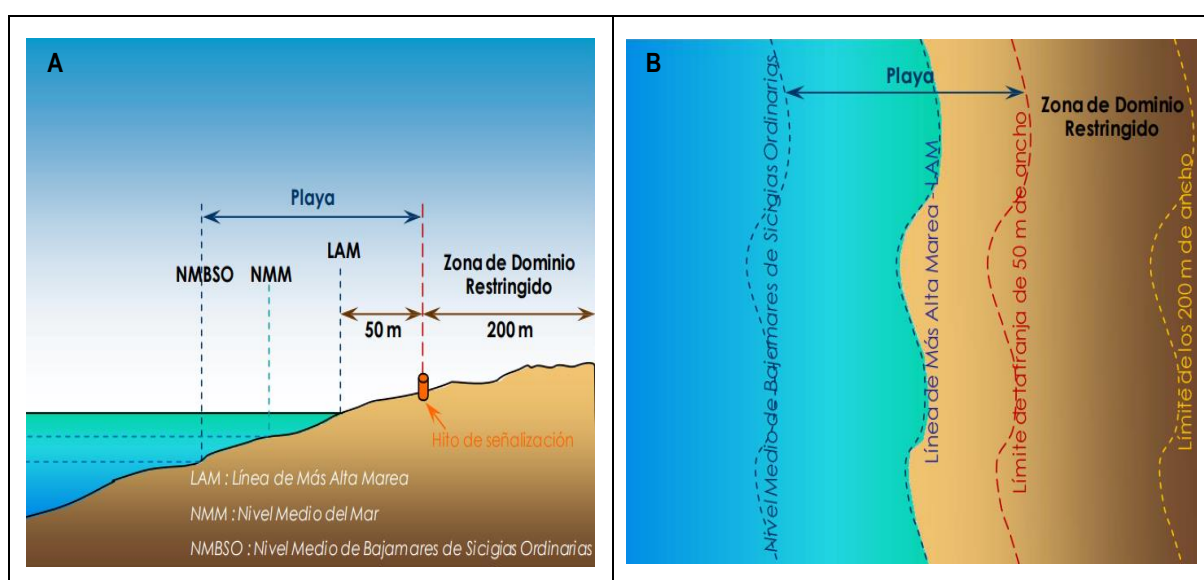
Nivel Mas Alto Observado	Nivel más alto observado durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio de Pleamares de Sicigias	Nivel promedio de pleamares observados durante la marea de Sicigias
Nivel Medio de Pleamares Superiores	Nivel promedio de pleamares superiores, observados durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio de Pleamares	Nivel promedio de pleamares, observados durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio del Mar	Nivel promedio de los pleamares y bajamares durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio de Bajamares	Nivel promedio de bajamares, observados durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio de Bajamares Inferiores	Nivel promedio de bajamares inferiores, observados durante el ciclo nodal lunar
Nivel Medio de Bajamares de Sicigias	Nivel promedio de bajamares observados durante la marea de Sicigias
Nivel Mas bajo Observado	Nivel más bajo observado durante el ciclo nodal lunar

Nota. En esta tabla se muestran los planos o niveles de referencia mareográficos que se infieren en base al fenómeno de ascenso y descenso periódico del mar.

2.5.4. Línea de Más Alta Marea (LAM)

Es una recta trazada por la mayor elevación de la marea astronómica visualizada a través del tiempo, en donde aquel plano es cortado con la superficie de la playa contigua. Con el establecimiento de esta Línea, se fijan las circunscripciones políticas, demarcaciones y es un elemento crucial de proyectos costeros.

Figura 42. Determinación del límite de la franja de los cincuenta metros equidistantes y calculados en base a la línea de más alta marea (LAM)



A. Imagen vista en perfil.

B. Imagen vista en planta.

Nota. Línea de Más Alta Marea, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN.

La Línea de Más Alta Marea, han sido resueltos de acuerdo con la información recopilada de las diferentes Estaciones Mareográficas, pertenecientes a la Dirección de Hidrografía y Navegación asentados en la franja costera.

Tabla 17. Cotas de línea de más alta marea

Estación	Cotas LAM (metros)
El Salto	2.57
Cabo Blanco	2.48
Los Órganos	2.51
Talara	2.43
Paita	2.20
Lobos de Afuera	1.92
Malabrigo	1.84
Salaverry	1.88
Chimbote	1.89
Huacho	1.52
Callao	1.45
Pisco	1.47
San Juan	1.40
Atico	1.50
Matarani	1.61

Nota. Las Cotas de Línea de Más Alta Marea señaladas, están permitidas en una zona de 50 km de radio, en todas las estaciones mostradas.

2.6 Topografía Costera

La configuración topográfica del borde costero del área de levantamiento debe ser georreferenciada mediante un levantamiento topográfico que por definición es un procedimiento que permite determinar de forma rápida y simultánea las coordenadas XYZ de los puntos medidos sobre la superficie del terreno. Este procedimiento se utiliza para levantamientos de detalles, puntos de relleno y replanteo de la línea de más alta marea con el cual se determina la configuración topográfica de la zona de playa y anteplaya y los rasgos naturales y artificiales ubicados en el área de levantamiento.

En la Figura 43 se muestra el área donde se va a realizar la topografía, por lo que el método GNNS/GPS modo relativo cinemático en tiempo real, será efectivo para hallar las cotas.

Figura 43. Topografía Costera



Nota. Topografía costera, elaboración propia, 2019, Marine Group.

2.7 Oceanografía y Muestras de Fondo

En estudios hidrográficos se debe tener en cuenta las mediciones de corrientes marinas, oleaje, dirección de vientos y muestras de fondo, para detallar la morfología del fondo marino.

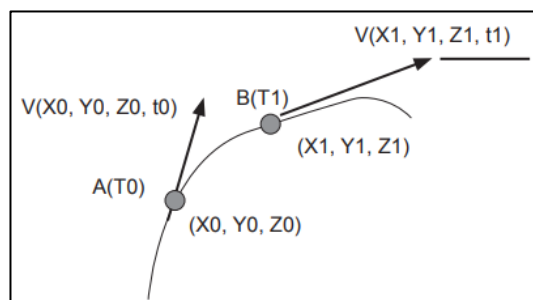
2.7.1. Corrientes Marinas

Son movimientos de arrastre de una gran masa de agua que se presentan en diferentes profundidades del mar, entre los factores que originan podemos mencionar la acción de los vientos, la rotación de la tierra, temperatura, salinidad, entre otros. (Fuentes, 2001).

2.7.1.1. Método de Euler

Permite conocer las magnitudes de velocidad $V(X, Y, Z, t)$, de un objeto desplazado en un determinado tiempo (t_0), para una posición inicial (X_0, Y_0, Z_0) se tendrá un campo de velocidad $V(X_0, Y_0, Z_0, t_0)$.

Figura 44. Método Euler

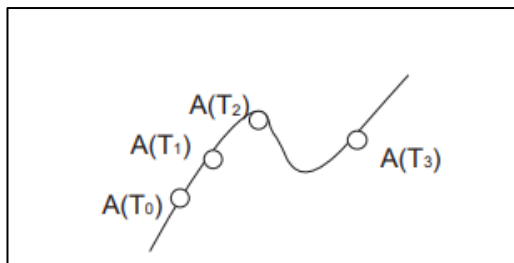


Nota. Método Euler, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

2.7.1.2. Método Lagrange

Permite conocer el desplazamiento y dirección de un objeto en posiciones progresivas a lo largo de un determinado tiempo con respecto a una posición inicial.

Figura 45. Método Lagrange



Nota. Método Lagrange, 2017, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN

2.7.2. Morfología Marina

(Velazco, 2012) en su artículo científico “Distribución de los sedimentos del margen continental peruano” precisa que la configuración del relieve marítimo, y sus particularidades físicas y químicas componen agentes racionales limitantes de la división de organismos y de algunas especies de peces.

La morfología marina juega un rol importante porque este puede favorecer o no a que los fragmentos se acumulen en ciertas zonas del fondo submarino. Sin embargo, aún no se ha cuantificado la significancia de estos rasgos morfológicos en el margen continental peruano (Chacón, 2014).

2.7.2.1. Fondo Oceánico

(Pineda, 2001) divide el fondo oceánico en tres regiones principales:

2.7.2.1.1. Márgenes continentales

Son bordes continentales que corresponden a los espacios de cambio de los continentes y las depresiones marítimas, que equivalen al 20% de la extensión de los océanos, se dividen en dos: margen continental de tipo Atlántico y margen continental de tipo Pacífico.

2.7.2.1.2. Cuencas oceánicas

Se hallan localizadas entre los márgenes continentales y las dorsales oceánicas. Comprenden a las fosas oceánicas, a las extensiones no tan planas, nombradas llanuras abisales y a los altos relieves volcánicos submarinos. Comprende aproximadamente el 30% de la corteza terrestre.

2.7.2.1.3. Dorsales oceánicas

Son extensas cordilleras cubiertas por el mar y están conformadas por acumulación de rocas volcánicas basálticas. Tiene una longitud de 80.000 km y una depresión promedio de 2.500 m.

2.7.3. Muestras de Fondo Submarino

2.7.3.1. Técnicas para la obtención de muestras

Son técnicas empleadas a través de diferentes instrumentos que dependerán del trabajo realizado, la profundidad del agua y la factibilidad del equipo; entre ellos tenemos: el escandallo, Cangilón Shipek, toma testigos, dragas, buzos y vehículos submarinos UUV.

2.7.3.2. Clasificación de muestras

Tabla 18. Tamaño del Sedimento

Descripción General	Nombre		Límites (mm)	Comentarios
Lodo	<i>M</i>	Arcilla	< 0.002	Cuando se secan a mano, no se quitan fácilmente
		Fango	0.002 – 0.063	Cuando se secan a mano, se quitan fácilmente
Arena	<i>fS</i>	Arena muy fina	0.063 – 0.125	-
		Arena fina	0.125 – 0.250	-
	<i>mS</i>	Arena media	0.250 – 0.50	-
	<i>cS</i>	Arena áspera	0.5 – 1.0	-
		Arena muy áspera	1.0 – 2.0	-
Grava	<i>smG</i>	Gránulos	2.0 – 4.0	Como un lápiz y del tamaño de un guisante
	<i>P</i>	Piedras de grava	4.0 – 64.0	De un guisante a un puño.
	<i>IG</i>	Piedra de canto rodado	64.0 – 256.0	De un puño a una cabeza humana
Roca	<i>R</i>	Piedra de peñón	> 256.0	Más grandes que una cabeza humana
		Rocas		-

Nota. En esta tabla el autor Ukiho en su libro Tamaño del grano de sedimento nos muestra los límites de los tamaños de los sedimentos en milímetros (mm).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

De acuerdo con Carrasco Diaz S. (2014) en su libro “Metodología de la Investigación Científica”, determinamos el Tipo, Nivel y Diseño del presente trabajo de investigación.

3.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, porque tiene un objetivo claro y definido: el análisis de la configuración morfológica del fondo submarino para la viabilidad de estructuras costeras mediante el sondeo acústico de profundidad, con aportes científicos del posicionamiento, batimetría y topografía. Para llegar a la determinación de la configuración del fondo marítimo, se realizan varios procesos matemáticos y estadísticos, lo cual genera un modelo del fondo definido, que permite ajustarse mediante correcciones para obtener datos fiables de la zona de estudio.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel explicativa ya que nos da a conocer por qué diferentes métodos de posicionamiento y diferentes técnicas de batimetría condicionan para llegar a una mejor representación y modelado del fondo submarino, así también se muestra de manera objetiva los efectos de las corrientes marítimas y el muestreo de fondo para poder así determinar la viabilidad de las estructuras costeras.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño de investigación es no experimental, porque no se han modificado las variables, no obstante, se han evaluado las características de estas y sus aplicaciones en la zona de estudio.

Es de forma transversal o denominado también transeccional, porque se han evaluado el posicionamiento, la batimetría y la topografía costera in situ en un determinado tiempo (2019).

Los diseños transversales a su vez se subdividen en: descriptivos (características y propiedades de las variables en un determinado tiempo), explicativas causales (estudio de las variables que puedan generar una situación problemática) y correlacionales (relación que guardan las variables en un determinado contexto y tiempo). La tesis presente es de tipo explicativo causal, ya que explica los diferentes métodos de batimetría y posicionamiento que nos sirve para conocer el relieve marítimo y así poder identificar los tipos de estructuras costeras viables.

3.4. Enfoque de la Investigación

De acuerdo con Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres C. (2018) en su libro “Metodología de la Investigación: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta”, se ha determinado el enfoque de la presente investigación.

Nuestro enfoque muestra la necesidad de medir y estimar magnitudes desde la perspectiva de la batimetría y topografía que se ha desarrollado, estaríamos hablando de un enfoque cuantitativo, ya que hemos tenido la característica de utilizar datos concretos que se han tomado en las diversas mediciones en el mar y en la costa; así como en gabinete se realizó el muestreo de partículas y el modelamiento del fondo submarino; Esto llevando un proceso secuencial que vendría desde nuestro tema, el análisis de la configuración morfológica del fondo submarino para la viabilidad de estructuras costeras mediante el sondeo acústico de profundidad, siguiendo con el planteamiento del problema, revisión del marco teórico, elaboración de las hipótesis, recolección los datos, análisis de los datos para terminar con la elaboración de reporte de resultados; Y por último mostrando sus bondades o beneficios obtenidos al usar los equipos con una mayor precisión posible y luego al analizar los datos obteniendo predicciones para futuros proyectos.

Tabla 19. Metodología de la Investigación

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN			
TIPO	Investigación Aplicada		
NIVEL	Investigación Explicativa		
DISEÑO	No experimental	Transversal	Explicativo Causal
ENFOQUE	Cuantitativo	Batimetría	
		Topografía y Geodesia	
RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN	Métodos	Técnicas	Instrumentos
	Investigación Documental		
	Síntesis Bibliográfica	Sistematización Bibliográfica	Fichas de trabajo bibliográfico
	Elaboración de planos	Dibujo asistido por computadora	Software ArcGIS Y Google Earth
	Investigación de Campo		
	Síntesis de Observación	Observación Ordinaria	Fotografías
	Levantamiento de Campo	Mediciones de Campo	Equipos topográficos y batimétricos
	Gabinete		
	Determinación de Datos	Procesamiento en Computadora	Software Hypack
	Muestreo de Partículas	Análisis de Muestra	Equipos de Laboratorio
	Modelamiento	Dibujo asistido por computadora	Software ArchiCAD

Nota: En esta tabla se muestra la metodología que se usó dependiendo el tipo, diseño, enfoque y recopilación y análisis de la investigación.

3.5. Cronograma de Trabajo

Tabla 20. Cronograma de Actividades

N°	ACTIVIDADES	MESES ESTABLECIDOS						
		2019						
		FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
01	Búsqueda de información							
02	Reconocimiento del Lugar							
03	Topografía de Playa							
04	Levantamiento batimétrico							
05	Procesamiento de la información							
06	Análisis de las muestras de fondo submarino							
07	Elaboración de los planos							
08	Análisis de los Resultados							
09	Diseño del modelo							

Nota. En esta tabla se muestran las actividades y el factor tiempo que se ha dedicado la presenta tesis.

3.5. Trabajo de Pre-Campo

3.5.1. Elección de Zonas de estudio

Para comprender de una mejor manera las metodologías empleadas en los levantamientos batimétricos, se escogieron dos playas con características distintas, para explicar el comportamiento del fondo submarino.

Caso 1: Playa Agua Dulce

La Playa Agua Dulce se encuentra ubicada al sur del litoral costero de Lima y al noroeste del distrito de Chorrillos. Tiene una superficie aproximada de 31.5169 Ha. Se encuentra comprendida entre la playa “Las Sombrillas” y playa “pescadores”. Integra el circuito de playas de la Costa Verde. Este levantamiento se hizo con el apoyo de los equipos de la E.P. de Ingeniería Geográfica de la UNMSM.

Figura 46. Ubicación de la playa Agua Dulce – Distrito de Chorrillos



Nota. Elaboración Propia, 2019, Google Earth.

Caso 2: Playa Ferroles

La Playa Ferroles está ubicada al norte del puerto del Callao, políticamente pertenece a la provincia constitucional del Callao. Se encuentra comprendida entre el río Rímac y la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR TABOADA). Este levantamiento se realizó en participación con la empresa MARINE GROUP en el 2019.

Figura 47. Ubicación de la playa Ferroles – Distrito del Callao



Nota. Elaboración Propia, 2019, Google Earth.

3.5.2. Evolución de la Línea costera

Límite Costero Marino – Playa Agua Dulce

Se puede apreciar en la Figura 25 que el límite costero marino en los últimos 20 años ha sufrido una ligera variación, apreciándose en la siguiente imagen:

Figura 48. Límite costero marino – playa Agua Dulce – Distrito de Chorrillos

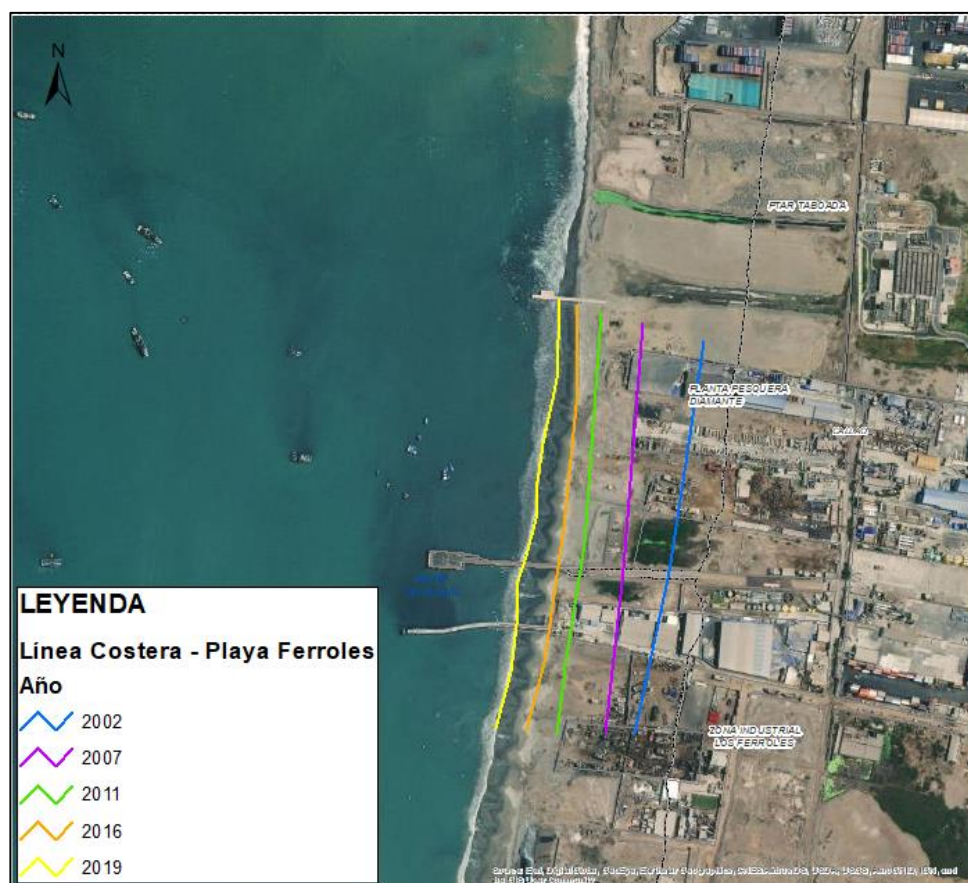


Nota. Elaboración Propia, 2019, Google Earth.

Límite Costero Marino – Playa Ferroles

Se puede apreciar en la Figura 49 que el límite costero marino en los últimos 20 años ha sufrido una marcada variación, esto debido al vertimiento de las aguas servidas de las zonas urbanas e industriales aledañas a la zona de estudio y también debido a la desembocadura del Río Rímac, como se puede apreciar en la siguiente imagen.

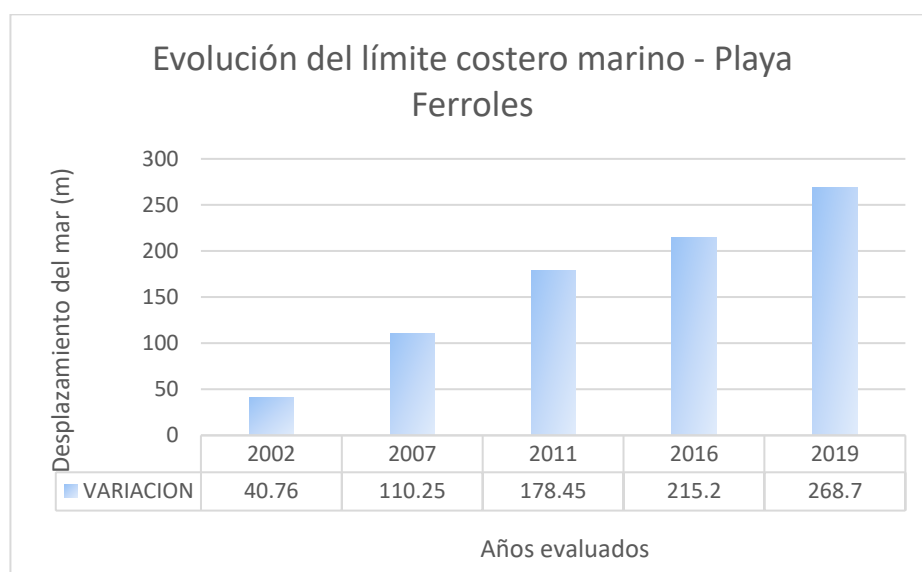
Figura 49. Límite costero marino – playa Ferroles – Distrito del Callao



Nota. Elaboración Propia, 2019, Google Earth.

Gráfico de la variación costera

Esquema 11: Variación Costera – playa Ferroles



Nota. Variación Costera en playa Ferroles, 2019, Elaboración Propia.

La gráfica muestra que en el año 2002 hubo un retiro del mar de 40.76 m, en el año 2007 hubo un retiro del mar de 110.25 m, en el año 2011 hubo un retiro del mar de 178.45 m, en el año 2016 hubo un retiro del mar de 215.2 m y en el año 2019 hubo un retiro del mar de 268.7 m, todo esto respecto al límite territorial establecido por el IGN.

3.5.3. Criterios para la instalación Estructuras e Infraestructuras Costeras

Según las normas técnicas hidrográficas dadas por la dirección de hidrografía y navegación del Perú, establece ciertas consideraciones que se debe tener en cuenta para cada tipo de proyecto a realizar en la costa peruana.

A continuación, detallaremos los criterios para la instalación de las estructuras e infraestructuras que se encuentren dentro del ámbito de estudio de la presente investigación.

Tabla 21. Normas técnicas hidrográficas para la instalación de estructuras posibles dentro del ámbito de estudio

Estructuras e Infraestructuras	Línea de Alta Marea (LAM)	Batimetría	Mareas	Geomorfología de la Costa	Sedimentos
Boyas	No Aplica	Realizar el levantamiento con sistema monohaz o multihaz. La densidad de los sondeos en el plano batimétrico debe ser de 0.5 cm de la escala del levantamiento hasta los 100 m de profundidad.	Obtención de las amplitudes de marea en base a la estadística de la observación de un año como mínimo de las estaciones costeras o tablas de marea.	No Aplica	Se tomará una muestra del fondo superficial del fondo marino realizando un análisis granulométrico.
Espigones, Rompeolas	Si aplica, un área de 1 km hacia cada lado desde el eje del proyecto	Realizar el levantamiento con sistema monohaz o multihaz, abarcando un área de 1 km alrededor de toda la estructura. Dentro de la zona de Rompiente se efectuará líneas perpendiculares a la costa, deberá de medir cada transecto 20 m desde la orilla hasta la zona de rompiente y fuera de la zona, la densidad de los sondeos en el plano batimétrico debe ser de 0.5 cm de la escala del levantamiento. Las dos batimetrías deben tener un traslape.	Obtención de las amplitudes de marea en base a la estadística de la observación de un año como mínimo de las estaciones costeras o tablas de marea.	Se realizará una caracterización geomorfológica mediante las imágenes satelitales de los últimos 5 años.	Se tomará 3 muestras del sedimento a lo largo del eje principal.
Malecón	Si aplica, 50 m de longitud hacia cada lado del proyecto	No es necesario el levantamiento batimétrico	No aplica	Solo se aplica en caso se encuentre dentro del área de 50 m de la LAM. Si fuera el caso hacer una caracterización geomorfológica mediante las imágenes satelitales de los últimos 10 años.	No aplica

Estructuras e Infraestructuras	Línea de Alta Marea (LAM)	Batimetría	Mareas	Geomorfología de la Costa	Sedimentos
Marina	Si aplica	<p>Realizar el levantamiento con sistema monohaz o multihaz, abarcando un área de 1 km alrededor de toda la estructura.</p> <p>Dentro de la zona de Rompiente se efectuará líneas perpendiculares a la costa, deberá de medir cada transecto 20 m desde la orilla hasta la zona de rompiente y fuera de la zona, la densidad de los sondeos en el plano batimétrico debe ser de 0.5 cm de la escala del levantamiento. Las dos batimetrías deben tener un traslape.</p>	<p>Obtención de las amplitudes de marea en base a la estadística de la observación de un año como mínimo de las estaciones costeras o tablas de marea.</p>	<p>Se realizará una caracterización geomorfológica mediante las imágenes satelitales de los últimos 10 años.</p>	<p>Se tomará 5 muestras del sedimento en el área de estudio.</p>
Muelle, Amarradero, Embarcadero	Si aplica, extendiéndose 100 m de longitud hacia cada extremo del proyecto	<p>Realizar el levantamiento con sistema monohaz o multihaz, abarcando un área de 100 m alrededor de toda la estructura.</p> <p>Dentro de la zona de Rompiente se efectuará líneas perpendiculares a la costa, deberá de medir cada transecto 20 m desde la orilla hasta la zona de rompiente y fuera de la zona, la densidad de los sondeos en el plano batimétrico debe ser de 0.5 cm de la escala del levantamiento. Las dos batimetrías deben tener un traslape.</p>	<p>Obtención de las amplitudes de marea en base a la estadística de la observación de un año como mínimo de las estaciones costeras o tablas de marea.</p>	<p>Se realizará una caracterización geomorfológica mediante las imágenes satelitales de los últimos 5 años.</p>	<p>Se tomará 3 muestras de sedimento cada 100 m, distribuidos a lo largo del eje principal.</p>

Nota. En esta tabla la Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN en su libro de Normas técnicas hidrográficas del año 2017 nos muestra las normas para los tipos de estructuras e infraestructuras posibles dentro del ámbito de estudio.

3.5.4 Elección del Sistema del Sondeo Acústico

Para la elección del sondeo acústico de profundidad se elabora una tabla donde se muestran las diferencias entre los criterios tomados y los equipos de sondeo como son el monohaz y multihaz.

Tabla 22. Elección del sistema de sondeo acústico





CRITERIOS	EQUIPOS	SISTEMA MONOHAZ	SISTEMA MULTHAZ
Costo del equipo (alquiler por día)		<ul style="list-style-type: none"> - Ecosonda Monohaz - GNSS - Operador de Embarcación - Plataforma Marina 600 \$ (Costo aproximado)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema Multihaz - Prueba de Desempeño 12000 \$ (Costo Aproximado)
Componentes del sistema		Perfilador del sonido	<ul style="list-style-type: none"> - Perfilador del sonido - Posicionador GNSS - Sensor de movimiento - Giroscopio
Emplazamiento de estructuras costeras (DHN - Normas Técnicas N°45)		Factible para la construcción y ampliación de estructuras costeras de pequeña y mediana envergadura (muelles, artefactos marinos, marinas, espigones, entre otros).	Factible para la construcción y ampliación de estructuras costeras de pequeña y mediana envergadura (muelles, artefactos marinos, marinas, espigones, entre otros), así como también de gran envergadura (puertos marítimos).
Área Recubierta		Ángulo del haz de 8°, se obtiene información cerca del 5% del fondo submarino.	Ángulo del haz hasta los 0.5°, se obtiene información cerca del 100% del fondo submarino.
Corrección de movimientos		No posee equipo para corrección de movimientos el barco, se corrige mediante la marea RTK.	Posee equipo para corrección de movimientos el barco.
Duración del barrido por hectárea (ha)		Barre un promedio de 2 ha por hora.	Barre un promedio de 28 ha por hora.
Procesamiento de Datos		Procesamiento factible, se obtiene una grilla equiespaciada.	Procesamiento complejo, se obtiene una imagen detallada del fondo.

Nota. En esta tabla se indican las características de los equipos versus los criterios respectivos.

3.5.5. Equipos de Levantamiento

3.5.5.1. Equipos GPS

Tabla 23. Equipos GPS

GPS Diferencial	Trípode
 <p>Equipo utilizado para la captación de señal de satélites y determinación de la posición.</p>	 <p>Cuerpo metálico o de madera de tres brazos para el sostén del equipo geodésico</p>
Equipos de comunicación	Bastón Rover
 <p>Radios que utilizan los operadores para comunicarse mediante una frecuencia de señal.</p>	 <p>Bastón que sirve para movilizar el equipo geodésico de modo rover.</p>

Nota. En esta tabla se muestra la definición de los diferentes equipos GPS con sus respectivas imágenes tomadas en campo.

3.5.5.2. Equipo Topográfico




Tabla 24. Equipo Topográfico

Estación total	Prisma	Cinta métrica
 <p>Equipo electroóptico que sirve para la medición de distancias y posicionamientos de puntos observados.</p>	 <p>Sirve para redirigir la señal del láser de la estación total para la determinación de la posición.</p>	 <p>Instrumento de medida que sirve para hallar la altura del equipo geodésico y/o topográfico.</p>

Nota. En esta tabla se muestra la definición de los diferentes equipos topográficos con sus respectivas imágenes.

3.5.5.3. Equipo Batimétrico



Tabla 25. Equipo Batimétrico

Ecosonda	Laptop	Batería
 <p>Equipo que permite determinar la profundidad de varios puntos en un recorrido, mediante señales de pulso de haz único.</p>	 <p>Para el procesamiento del software en el levantamiento y procesamiento de la batimetría.</p>	 <p>Para el funcionamiento de los equipos de medición</p>

Nota. En esta tabla se muestra la definición de los diferentes equipos batimétricos con sus respectivas imágenes tomadas en gabinete y campo.

3.5.5.4. Medición de Corrientes Marinas

Tabla 26. Equipo para Medición de Corrientes Marinas

Boyas	GPS Navegador
 <p data-bbox="244 875 748 976">Instrumento artesanal que flota en el agua, útil para ver el recorrido y desplazamiento de las corrientes.</p>	 <p data-bbox="818 875 1374 976">Equipo geodésico de bolsillo que permite saber la posición de un punto: latitud, longitud y altura con una precisión de unos metros.</p>

Nota. En esta tabla se muestra la definición de los diferentes equipos para medición de corrientes marinas con sus respectivas imágenes tomadas en campo.

3.5.6. Comprobación y calibración de los equipos de posicionamiento

Se verificó la calibración de los materiales a utilizar en el levantamiento tanto en el ecosonda, GPS y estación total. Comprobando la operatividad y el normal funcionamiento de los equipos con pruebas de levantamientos, para evitar imprevistos en el día del trabajo de campo se probó las baterías.

Tabla 27. Calibración y Comprobación



Instalación y Comprobación del ecosonda



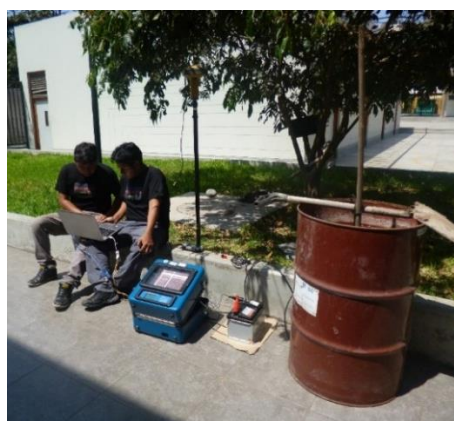
Instalación y comprobación del DGPS



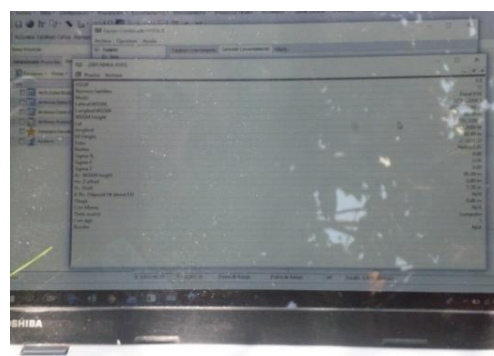
Instalación del rover



Prueba de medición de profundidad con transducer



Lectura del Transducer



Procesamiento con Software Hipack

Nota. En esta tabla se muestra la definición de los diferentes equipos batimétricos con sus respectivas imágenes tomadas en campo.

La revisión debe continuar mientras se establece las estaciones de referencia geodésicas GNSS/GPS para consolidar que se emplea el manejo correcto del sistema en el transcurso del levantamiento.

3.5.7. Planificación de Campo

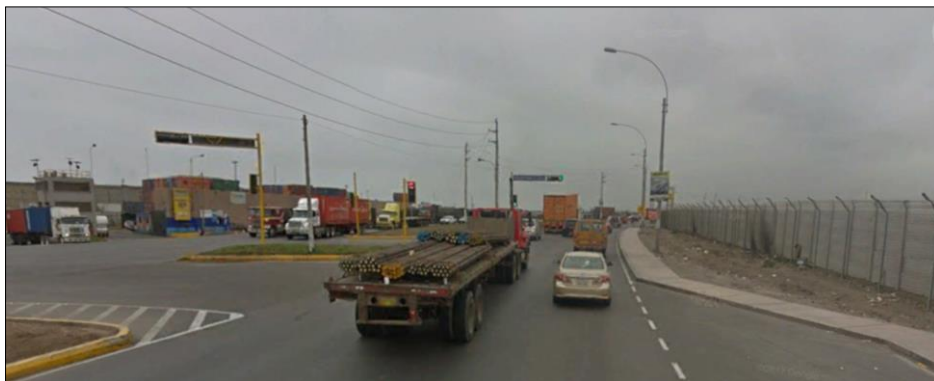
Una inspección de campo de la zona en estudio disminuirá el tiempo cuantioso en la fase de recopilación de datos.

Las ubicaciones señaladas para los equipos del levantamiento deben revisarse, verificar su disposición y anotar sus características. Es necesario seguir una adecuada calibración y evaluación en campo.

- Accesibilidad al área del levantamiento

Para llegar al área del levantamiento es por vía terrestre, se debe acceder por la avenida Néstor Gambeta hacia la playa Ferroles

Figura 50. Ruta de acceso a la playa Ferroles



Nota. Rutas de acceso, elaboración propia, 2019, Google Earth.

Se accede vía terrestre por el circuito de playas de la costa verde hacia la playa Agua Dulce.

Figura 51. Ruta de acceso a la playa Agua Dulce



Nota. Rutas de acceso, elaboración propia, 2019, Google Earth.

- Visibilidad

Los lugares colindantes sean observables con nitidez, libre de construcciones que ocasionen interrupción a las señales GPS y no obstruyen las señales satelitales a 15° de elevación de la máscara.

Figura 52. Reconocimiento de la playa Ferroles



Nota. Reconocimiento de playa, Elaboración propia, 2019, Marine Group.

Figura 53. Reconocimiento de la playa Agua Dulce



Nota. Reconocimiento de playa, Elaboración propia, 2019, Marine Group.

3.6 Trabajo de Campo

3.6.1. Posicionamiento - Instalación del equipo base en tierra

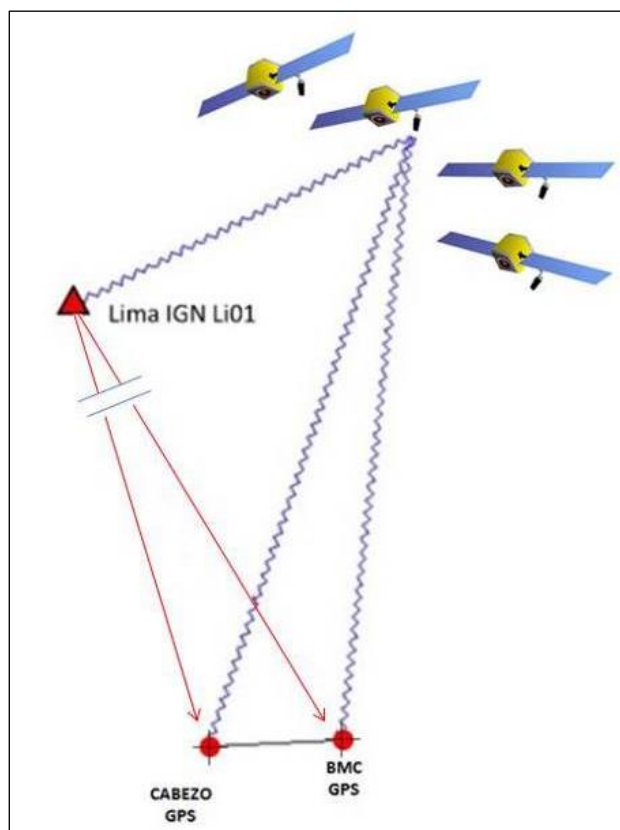
Los hitos “CABEZO” y “BMC” (puntos de apoyo en tierra) se determinaron mediante el método relativo estático en post proceso, enlazándose a una estación de rastreo permanente del IGN. Obteniéndose las siguientes características:

Tabla 28. Punto de apoyo CABEZO - BMC

CABEZO - BMC	
Observación de línea base	CABEZO - BMC
Procesados	28/10/2013 07:55:16 p.m
Tipo de Solución	Fija
Frecuencia Utilizada	Frecuencia doble (L1, L2)
Precisión Horizontal	0.00079 m
Precisión Vertical	0.00171 m
RMS	0.00009 m
PDOP Máximo	1.907
Efeméride utilizada	Transmisión
Modelo de antena	Trimble Relative
Hora de inicio de procesamiento	24/10/2013 12:44:45 p.m (Local: UTC - 5hrs)
Hora de detención de procesamiento	24/10/2013 02:46:30 p.m (Local: UTC - 5hrs)
Duración del procesamiento	02:01:45
Intervalo del procesamiento	15 segundos

Nota. En esta tabla se muestra la información que se tiene respecto al punto de apoyo CABEZO-BMC.

Figura 54. Posicionamiento



Nota. Posicionamiento, 2013, Marine Group.

Para el posicionamiento horizontal de la embarcación, se realizó el método de posicionamiento GNSS/GPS modo relativo, en tiempo real RTK. Consistió en trasladar el receptor GNSS/GPS en una estación de referencia de coordenadas conocidas:

Punto de Referencia CMC GPS:

Se instaló el receptor base GNSS/GPS en el punto “CMC GPS” del muelle CENTENARIO con coordenadas UTM:

Este: 267 065.145 m

Norte: 8 672 533.08374 m

Elevación: 4.33938 m

Figura 55. Instalación GPS/GNSS



Nota. Instalación GPS/GNSS, 2019, Marine Group.

Luego se configuro el GNSS/GPS (rover) para que se enlace con el receptor base.

En la lancha, se conecta el receptor móvil GNSS/GPS (rover) y el ecosonda a la laptop donde está instalado el software hidrográfico.

3.6.2. Instalación de equipos en lancha

Los equipos con suma precaución se trasladan de la zona del muelle a la embarcación. Verificando que todos los instrumentos de medición se coloquen en una zona seca y estable del bote.

Figura 56. Instalación de equipos en lancha



Nota. Instalación de equipos en lancha, 2019, Marine Group.

En una estructura de metal de 2m se introduce el transducer, esto hace que quede fijo y lo más perpendicular posible a la embarcación para que la medición de la profundidad sea más exacta.

Figura 57. Acoplamiento y Perfilación del Transducer



Nota. Acoplamiento y perfilación, 2019, Marine Group.

El receptor GNSS/GPS - ROVER se instaló en la embarcación en la parte superior de la estructura para una mejor captación señal de los satélites y esté libre de objetos a 15° de la máscara, ya que el equipo debe ser perpendicular a la embarcación. Los datos obtenidos del GNSS/GPS sirven para determinar las coordenadas (Este, Norte) de las medidas de los sondeos determinados por el ecosonda. Obteniéndose de esta manera las coordenadas Este, Norte y Z (sondaje).

Figura 58. Instalación del GPS/GNSS



Nota. Instalación de GPS/GNSS, 2019, Marine Group.

3.6.3. Comprobación de los equipos “*in situ*”

Se realizó un levantamiento de prueba tanto del ecosonda como el GNSS/GPS para comprobar la operatividad y correcto funcionamiento de los equipos. Esta medición es necesaria para que en el levantamiento no tengamos datos erróneos.

Se empleó la metodología del Escandallo, para lo cual se requirió una barra de metal de 1 m x 0.5 m, se colocó perpendicularmente a la embarcación y se hundió hasta chocar con el fondo, luego se hace un barrido con el monohaz sobre una misma línea dos veces. Los sondeos registrados por el ecosonda deben ser igual al sondeo del escandallo.

Figura 59. Comprobación de los Equipos “*in situ*”



Nota. Comprobación de equipos, 2019, Marine Group.

3.6.4. Medición de corrientes marinas

Por el método de Lagrange, se procedió a colocar cada boya a 100 m, con el GNSS/GPS se tomó el posicionamiento horizontal y después de 10 minutos aproximadamente se volvió a tomar el posicionamiento para ver el desplazamiento con respecto al punto inicial.

Figura 60. Colocación de Boyas



Nota. Colocación de boyas, 2019, Marine Group.

Las boyas superficiales se utilizaron para la medición de corrientes a 1 m de profundidad (están afectadas por la acción del viento), mientras las boyas subsuperficiales se utilizaron para medir corrientes a 3 m de profundidad (están afectadas por la temperatura, salinidad y concentración del material particulado)

Figura 61. Medición de Corrientes Marinas



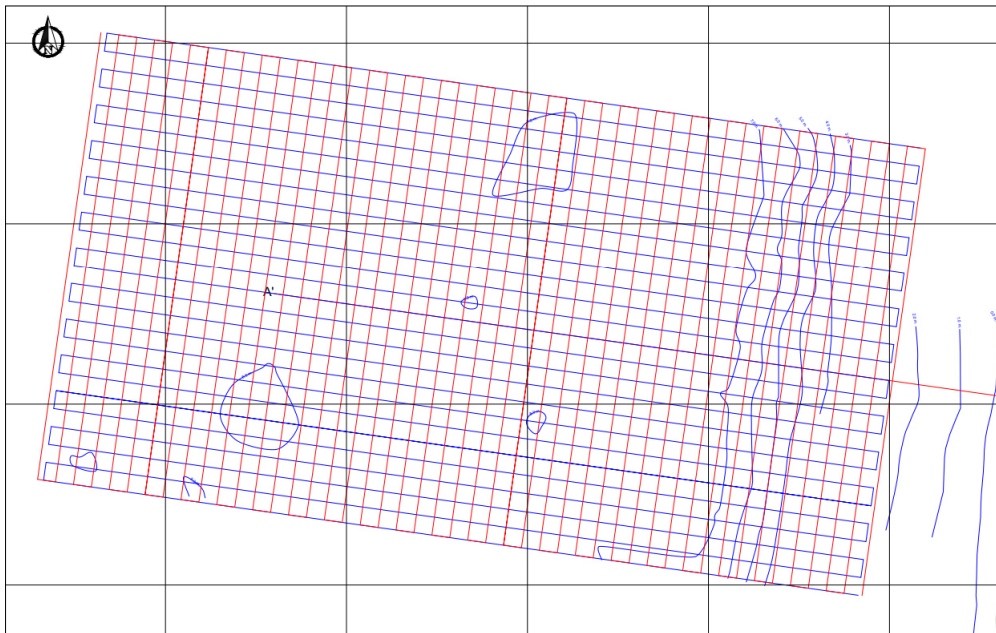
Nota. Medición de corrientes marinas, 2019, Marine Group.

3.6.5. Levantamiento batimétrico con ecosonda Monohaz

Siguiendo el planeamiento trazado en gabinete, en una laptop se fijó el rumbo de la embarcación, nos dispusimos hacer el barrido del ecosonda.

Se realizó 47 barridos paralelos al borde costero y 26 perpendiculares a la costa.

Figura 62. Planeamiento de la Embarcación



Nota. Planeamiento, 2019, elaboración propia.

La duración del levantamiento duró 6 horas aproximadamente.

Figura 63. Ajuste de Parámetros de la Ecosonda



Nota. Ajustes de parámetros de ecosonda, 2019, Marine Group.

3.6.6. Toma de muestras de fondo

Las muestras de fondo se tomaron en dos puntos del levantamiento, para eso utilizamos una draga de metal para la obtención del material a analizar.

Empezamos con la separación de los dos compartimientos de forma horizontal ajustándolos con un gancho, sujetamos la draga a un cable fijo a la embarcación.

Figura 64. Preparación de la Draga



Nota. Preparación de la draga, 2019, Marine Group.

Se procede con el sumergimiento de la draga al fondo del mar, una vez este hace contacto con el fondo se cierra los dos comportamientos recogiendo una cantidad de muestra, con el cable se desplaza la draga hacia la superficie.

Figura 65. Ejecución del Dragado



Nota. Ejecución de dragado, 2019, Marine Group.

La muestra es llenada en 2 bolsas herméticas tomadas en diferentes puntos del área en estudio para luego llevarlas a laboratorio.

Figura 66. Recolección de Muestras

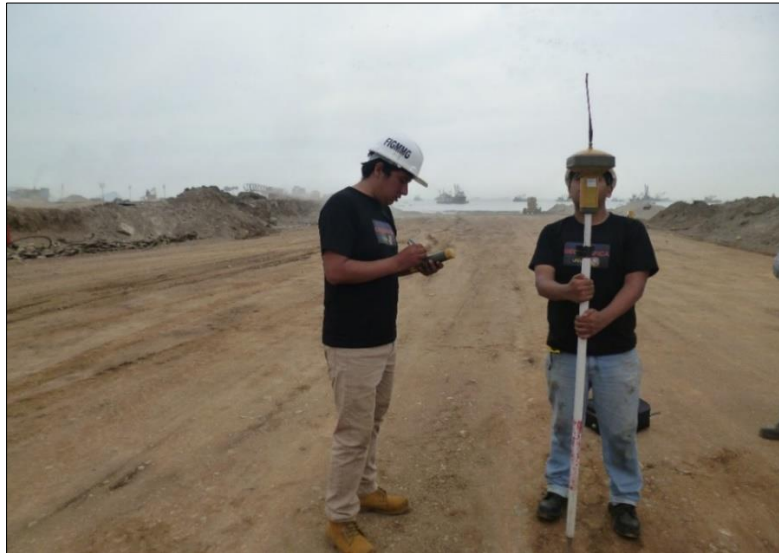


Nota. Recolección de muestras, 2019, Marine Group.

3.6.7 Topografía Costera

Con el GNSS/GPS – ROVER, método RTK, se procedió a realizar la topografía costera, se programó el DGPS para que la toma de datos sea cada 5m.

Figura 67. Establecimiento de parámetros del GNSS/GPS



Nota. Establecimiento de parámetros, 2019, Marine Group.

Para una forma más eficiente y rápida, se procedió a colocar el equipo en un traje adherido al cuerpo, y se midió la altura de la antena para ingresarla a la calculadora de toma de datos.

Figura 68. Altura de la Antena



Nota. Altura de antena, 2019, Marine Group.

Se hizo un recorrido en 10 líneas paralelas a la línea costera y 10 líneas perpendiculares a estas (de acuerdo con el detalle del terreno), tratando de mantener el equipo a 90° de la superficie del terreno.

Figura 69. Levantamiento Topográfico



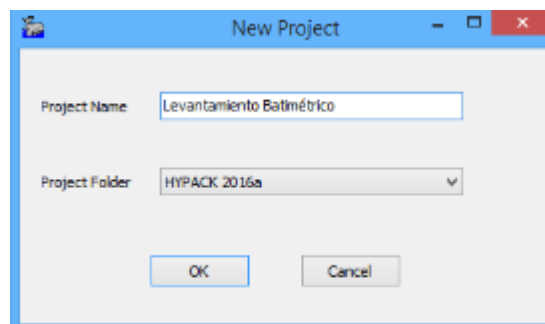
Nota. Levantamiento topográfico, 2019, Marine Group.

3.7 Trabajo de gabinete

3.7.1. Post proceso (Software Hypack)

Creación del proyecto:

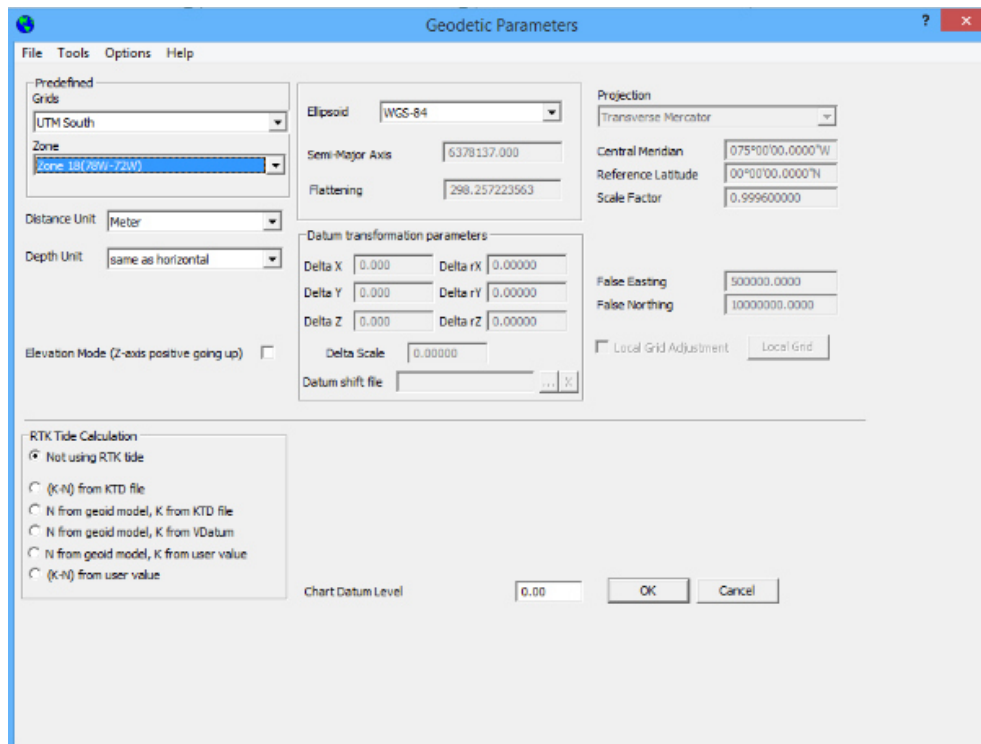
Figura 70. Creación del proyecto en Software Hypack



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Estableciendo parámetros geodésicos:

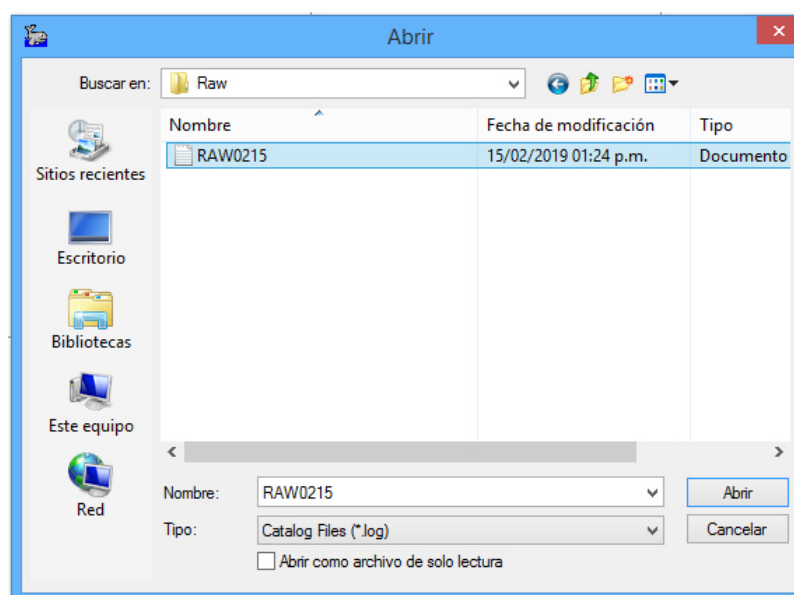
Figura 71. Establecimientos de Parámetros



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

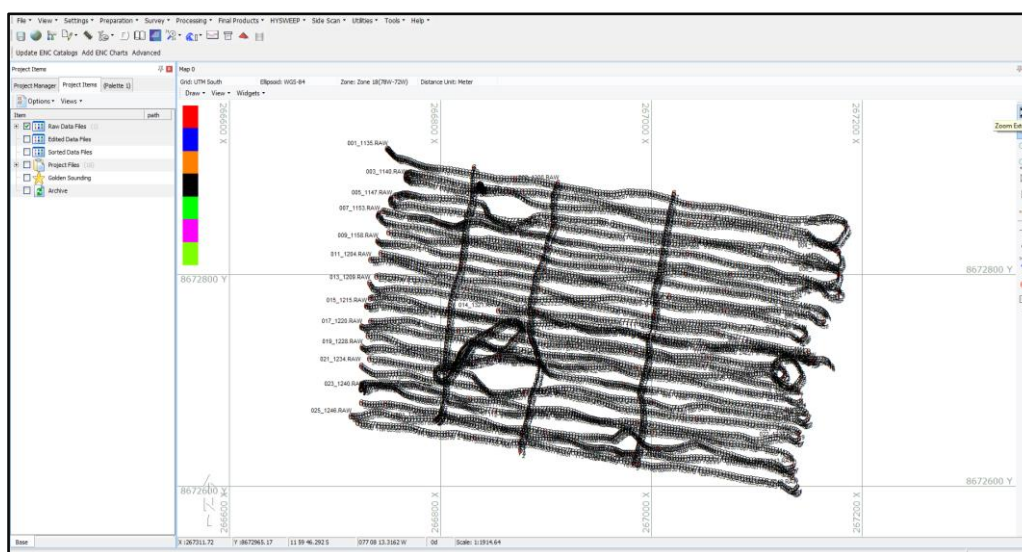
Se agregan los datos crudos:

Figura 72. Selección de datos de campo



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

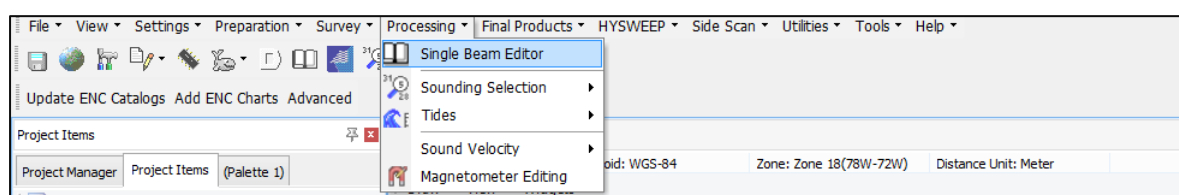
Figura 73. Esquema de datos crudos



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia

Procesamiento:

Figura 74. Procesamiento de datos



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Luego observamos la fecha del levantamiento en el block de notas de los datos del ecosonda

Figura 75. Ubicación del día del levantamiento

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
Survey	02.15.2019 11:43:48	Administrator	Start of Line: "4" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 11:46:58	Administrator	End of Line: "4"	
Survey	02.15.2019 11:47:00	Administrator	Start of Line: "5" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 11:49:45	Administrator	End of Line: "5"	
Survey	02.15.2019 11:49:46	Administrator	Start of Line: "6" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 11:53:15	Administrator	End of Line: "6"	
Survey	02.15.2019 11:53:18	Administrator	Start of Line: "7" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 11:55:57	Administrator	End of Line: "7"	
Survey	02.15.2019 11:56:00	Administrator	Start of Line: "8" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 11:58:49	Administrator	End of Line: "8"	
Survey	02.15.2019 11:58:59	Administrator	Start of Line: "9" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:01:45	Administrator	End of Line: "9"	
Survey	02.15.2019 12:01:45	Administrator	Start of Line: "10" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:04:28	Administrator	End of Line: "10"	
Survey	02.15.2019 12:07:11	Administrator	Start of Line: "11" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:07:14	Administrator	End of Line: "11"	
Survey	02.15.2019 12:09:43	Administrator	Start of Line: "12" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:09:49	Administrator	End of Line: "12"	
Survey	02.15.2019 12:12:22	Administrator	Start of Line: "13" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:12:28	Administrator	End of Line: "13"	
Survey	02.15.2019 12:15:09	Administrator	Start of Line: "14" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:15:17	Administrator	End of Line: "14"	
Survey	02.15.2019 12:17:45	Administrator	Start of Line: "15" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:17:48	Administrator	End of Line: "15"	
Survey	02.15.2019 12:20:19	Administrator	Start of Line: "16" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:20:19	Administrator	End of Line: "16"	
Survey	02.15.2019 12:20:29	Administrator	Start of Line: "17" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:25:26	Administrator	End of Line: "17"	
Survey	02.15.2019 12:25:31	Administrator	Start of Line: "18" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:28:18	Administrator	End of Line: "18"	
Survey	02.15.2019 12:28:27	Administrator	Start of Line: "19" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:29:23	Administrator	End of Line: "19"	
Survey	02.15.2019 12:29:39	Administrator	Marked Target: 12:29:23 266848.97 8672720	
Survey	02.15.2019 12:31:37	Administrator	Adjusted Target: bolichera 266848.97 8672	
Survey	02.15.2019 12:31:41	Administrator	End of Line: "19"	
Survey	02.15.2019 12:34:27	Administrator	Start of Line: "20" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:34:39	Administrator	End of Line: "20"	
Survey	02.15.2019 12:37:15	Administrator	Start of Line: "21" C:\HYPACK 2012\PROJECT	
Survey	02.15.2019 12:37:20	Administrator	End of Line: "21"	
Survey	02.15.2019 12:37:20	Administrator	Start of Line: "22" C:\HYPACK 2012\PROJECT	

Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Con la fecha indicada nos ubicamos en la tabla de mareas del día correspondiente

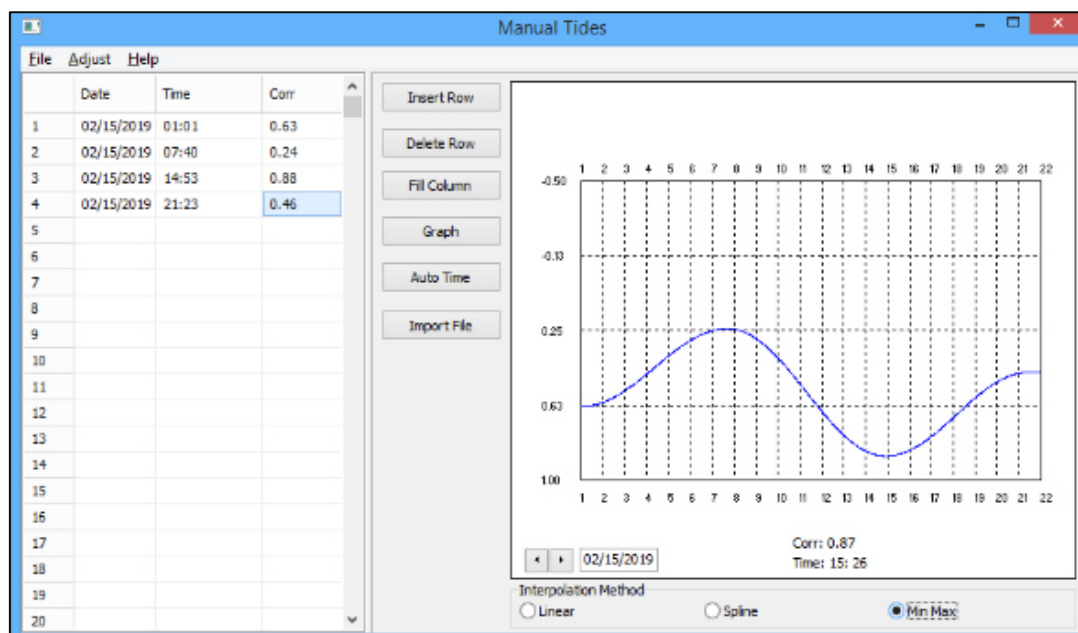
Figura 76. Tabla de mareas

ENERO			FEBRERO			MARZO			
Día	Hora	cm	Día	Hora	cm	Día	Hora	cm	
1	0153 78 0837 15 1533 65 2127 41		16	0932 70 1736 24 2024 50		1	0221 59 0831 30 1544 90 2219 38	16	0054 59 0707 29 1543 84 2113 42
2	0244 73 0918 13 MI 1520 52 2226 36		17	0136 68 1522 85 SA 1725 97 2360 35		2	0318 61 0923 12 SA 1524 93 2253 35	17	0217 63 0823 13 DO 1518 99 2158 36
3	0331 68 0955 12 JU 1702 96 2317 36		18	0234 68 0957 16 VI 1506 94 2224 40		3	0402 64 1028 12 LU 1716 112 2344 29	18	0320 69 0852 16 SA 1508 96 2239 29
4	0415 65 1033 11 VI 1741 99		19	0328 68 1039 64 SA 1551 103 2313 36		4	0440 67 1118 4 LU 1729 96 2351 32	19	0414 77 1042 23 MA 1650 111 2319 38
5	0502 35 0427 62 SA 1108 11 ● 1818 99		20	0422 69 1039 69 DO 1736 109 2313 36		5	0514 70 1118 4 LU 1758 96 2353 33	20	0505 84 1107 11 MA 1650 111 2359 19
6	0544 34 0536 60 DO 1141 12 1853 96		21	0502 32 LU 0515 70 ● 0823 114		6	0519 31 0547 73 ● 0824 96	21	0555 90 1152 12 VI 1815 111
7	0124 34 0614 59 LU 1213 14 1927 96		22	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		7	0645 31 0819 94 ● 1024 96	22	0640 16 0645 34 SA 1857 105
8	0204 35 0551 58 MA 1243 17 1959 94		23	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		8	0705 71 0819 94 ● 1041 31	23	0721 76 0819 94 SA 1857 105
9	0243 37 0728 57 MI 1313 21 2030 91		24	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		9	0726 78 0819 94 ● 1041 31	24	0802 18 0819 94 SA 1857 105
10	0323 37 0806 57 JU 1343 25 2059 88		25	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		10	0807 66 0819 94 ● 1041 31	25	0823 21 0819 94 SA 1857 105
11	0404 38 0859 56 VI 1416 31 2128 85		26	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		11	0824 30 0819 94 ● 1041 31	26	0835 26 0819 94 SA 1857 105
12	0446 37 0942 56 SA 1454 37 2201 81		27	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		12	0831 33 0819 94 ● 1041 31	27	0842 31 0819 94 SA 1857 105
13	0528 36 0811 10 DO 1545 44 2239 77		28	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		13	0836 31 0819 94 ● 1041 31	28	0849 36 0819 94 SA 1857 105
14	0618 33 0718 60 LU 1705 50 ● 2330 73		29	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		14	0837 32 0819 94 ● 1041 31	29	0849 36 0819 94 SA 1857 105
15	0653 29 0737 67 MA 1853 52		30	0518 35 0710 66 VI 1347 260 1952 93		15	0842 33 0819 94 ● 1041 31	30	0854 37 0819 94 SA 1857 105
31	0228 64 0855 21 JU 1509 38 2313 40								

Nota: Tabla de mareas, 2019, Dirección de Hidrografía y Navegación – DHN.

Se introduce los datos de marea

Figura 77. Introducción de datos de marea



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Se seleccionan los datos crudos y se corrige por mareograma

Figura 78. Corrección por Mareograma

The 'Corrections' dialog box is shown with the following settings:

- Tide Corrections:**
 - Tide File: `mareograma.tid`
 - Open File... button
- Sound Velocity Corrections:**
 - SV File: (empty)
 - Open File... button
 - Echosounder SV Setting (m/sec): (empty)
 - ☐ Use Depth 1
 - ☐ Use Depth 2
 - ☒ Use Both
- Buttons: OK, Cancel

Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Figura 79. Verificación de parámetros

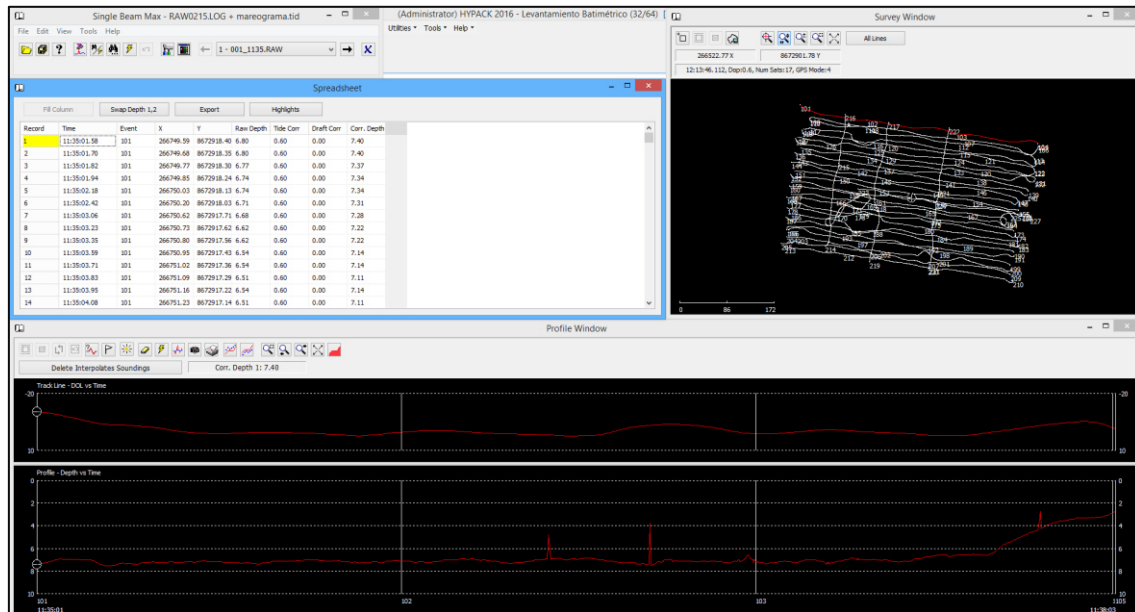
The 'Read Parameters' dialog box is shown with the following settings:

- Tabs: Selections, Offsets, Survey Info, Presort, GPS Pre-Filter, Advanced
- Selections:**
 - Devices:
 - Echosounder: `Odin Echotrac Hydrotrac`
 - Navigation: `GPS NMEA-0183`
 - Heading: `COG`
 - Tide: `Manual Entry in Survey`
 - Depth Conversion: `No Conversion`
 - Other:
 - ☐ Snap to Line
 - ☐ Invert Tide Values
 - ☐ Ignore Depth Records Before First Event
 - ☐ Ignore Planned Line Information
 - ☐ Ignore Echogram
- Buttons: OK, Cancel

Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

3.7.2. Validación de datos

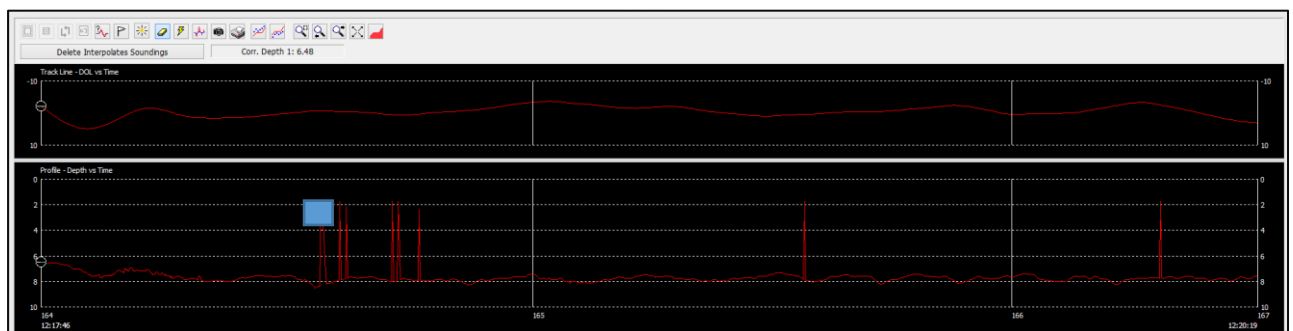
Figura 80. Validación de datos



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Con el borrador se elimina los picos de sonido (estos errores se obtuvieron porque el haz de sonido reboto en diferentes objetos como: peces, maderas, estructuras rotas, flora marina, etc.)

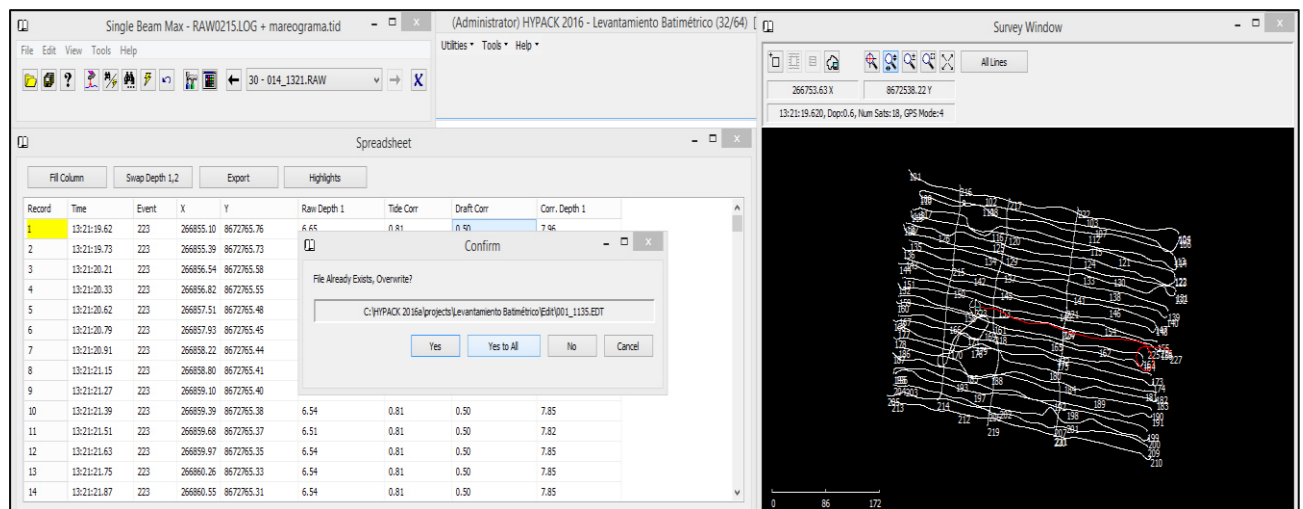
Figura 81. Eliminación de picos de sonido



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Terminando de corregir los datos, se guarda todo.

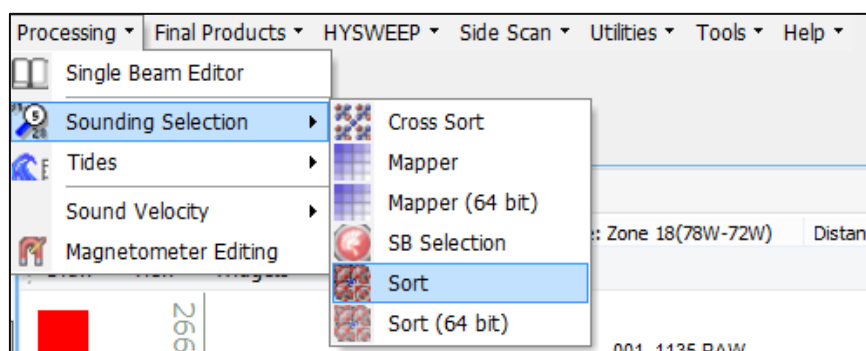
Figura 82. Datos Corregidos



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

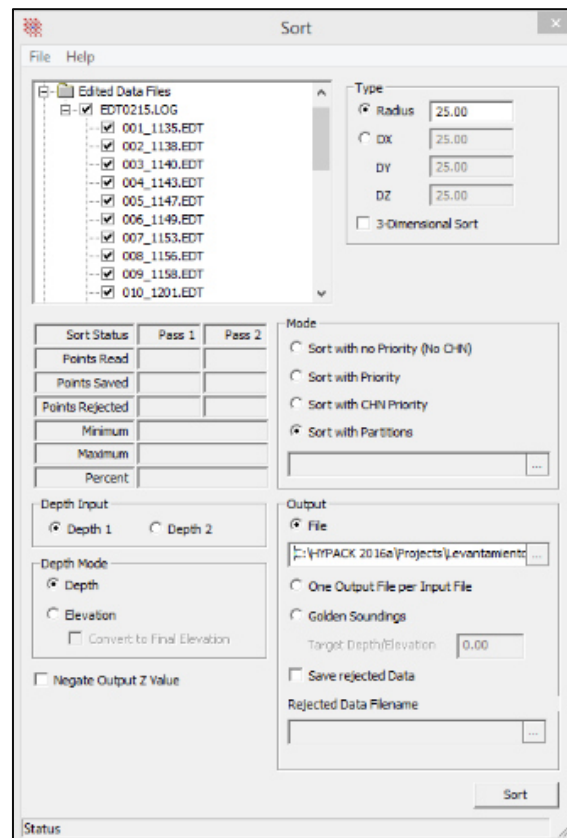
Reducción de sondajes:

Figura 83. Reducción de Sondajes



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

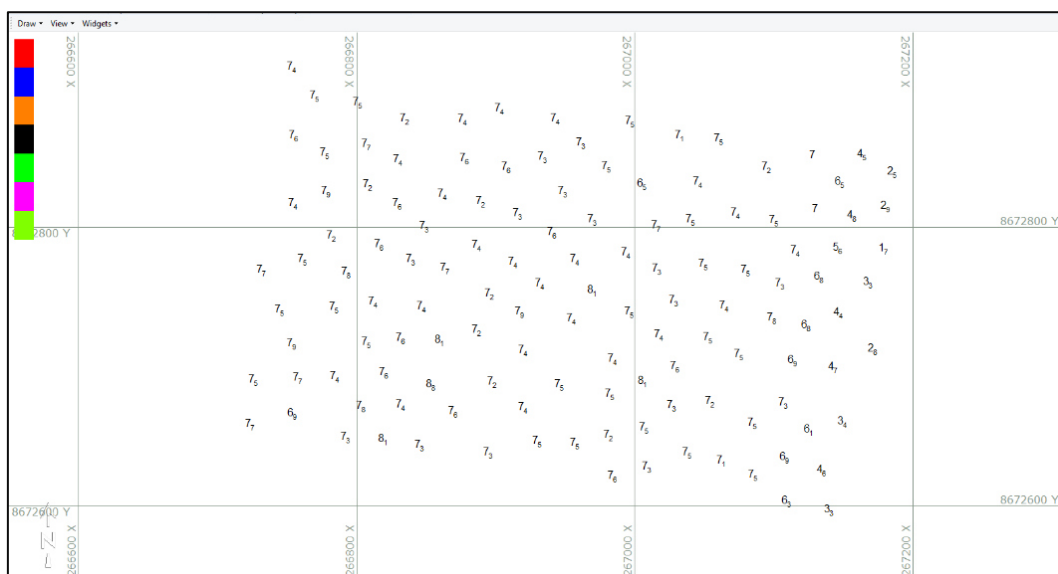
Figura 84. Establecimiento de parámetros de sondaje



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Sondajes corregidos:

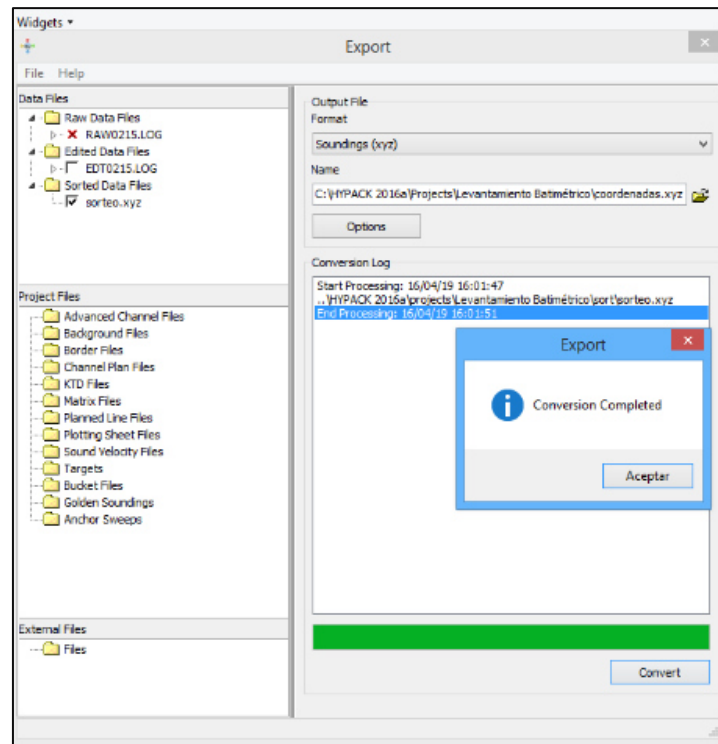
Figura 85. Sondajes corregidos



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Exportamos la data:

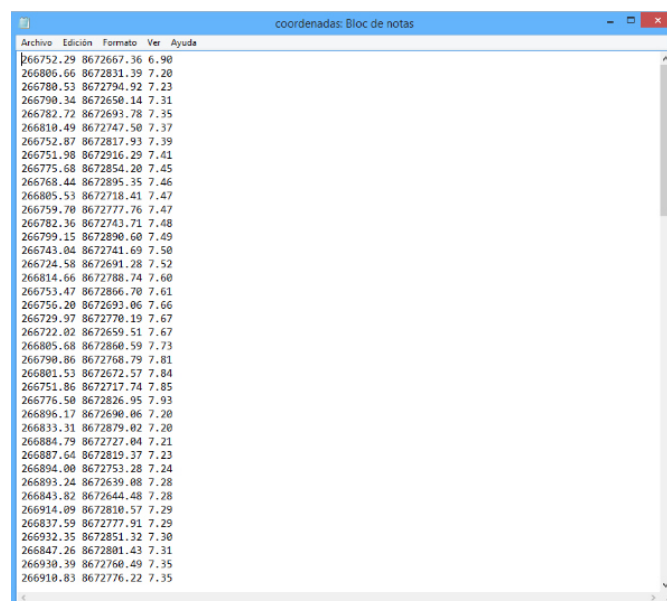
Figura 86. Exportación de la data



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

Se obtiene las coordenadas (x, y, z) en un block de notas, estos datos sirven para poder plasmar las isobatas en un plano y generar las curvas batimétricas.

Figura 87. Coordenadas Tridimensionales



Nota. Hypack, 2019, elaboración propia.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Viabilidad de Estructuras costeras

De acuerdo con los criterios descritos en el capítulo anterior se dedujo que son viables la construcción de estructuras costeras, las más destacables son:

4.1.1. Rompeolas

Estructuras costeras que protegen determinadas zonas de los efectos de las olas del mar. En la playa Ferroles contribuiría a la ayuda a la navegación, carga y descarga de las embarcaciones del muelle Centenario. Serviría como muelle alternativo en la zona norte por poca protección natural y como desviación de corrientes.

Pueden instalarse 2 tipos de Rompeolas:

Diques a Talud: Poco riesgo de deterioro, facilidad de reparación, pero requieren canteras próximas.

Diques Verticales Reflejantes: requieren cementación (estén llenos de arena), esto para evitar que se rompan los diques.

4.1.2. Espigones

Esta estructura costera considera la altura mayor del oleaje. En el Callao, donde se encuentra nuestro ámbito de estudio, el 62.9 % de las olas provienen del Sur (Fuentes, 2001), por lo que si presentan una mayor cantidad de olas; para establecer el área y longitud del espigón, se debe tener en cuenta el alcance máximo donde rompen las olas.

4.1.3. Muelles

Según (Fuentes, 2001) existen tres tipos de muelles calificados por su profundidad (sondajes):

Bajo Bordo: Zona de Atraque: (3 m - 4m) de profundidad

Mediano Bordo: Zona de Atraque: (4 m - 8m) de profundidad

Alto Bordo: Zona de Atraque: (8 m - 15m) de profundidad

Tabla 29. Criterios para la instalación de Muelles

Criterios Tipos de Muelles	Actividades Relacionadas	Calado máximo de Embarcaciones	Sondeo Acústico Empleado
Bajo Bordo	Recreacional, pesca artesanal	3 m	Ecosonda Monohaz/ Ecosonda Multihaz
Mediano Bordo	Actividades Comerciales, industrias pesqueras	6 m	Ecosonda Monohaz/ Ecosonda Multihaz
Alto Bordo	Actividades Múltiples (contenedores, diferentes tipos de carga, transporte de minerales, cruceros marítimos)	15 m	Ecosonda Multihaz

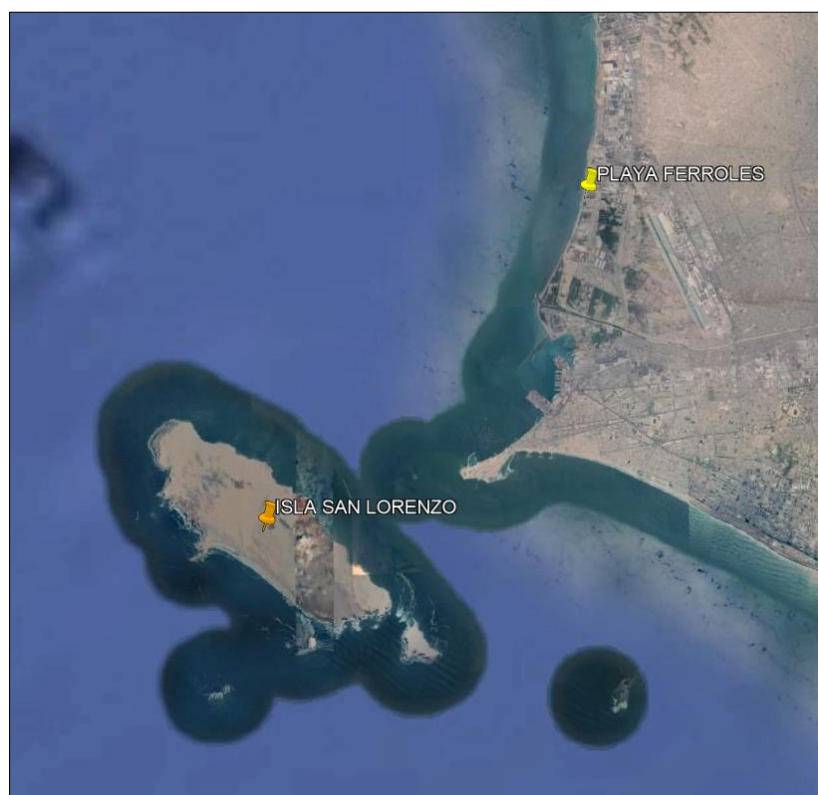
4.2. Características Esenciales en la Construcción de un Muelle

Para la instalación de un muelle es necesario tomar en cuenta las características físicas de su entorno.

4.2.1. Características Geográficas

Accidentes geográficos favorables, ya que se encuentra en una zona abrigada protegida por la Isla San Lorenzo de las olas provenientes del Sur.

Figura 88. Zona Abrigada frente a Oleajes del Sur



Nota. Elaboración propia, 2019, Google Earth.

4.2.2. Ubicación Estratégica

Por estar continuo al puerto del Callao y zonas industriales aledañas

Figura 89. Ubicación Estratégica

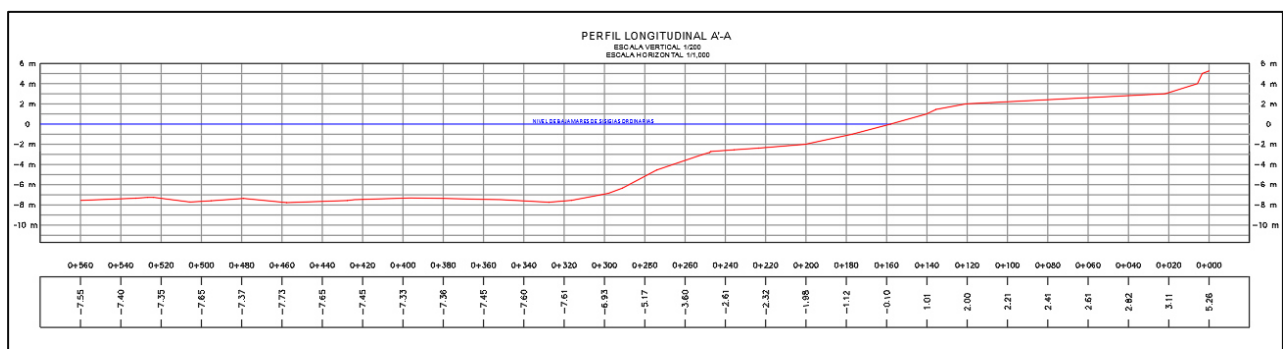


Nota. Ubicación estratégica, 2019, Marine Group.

4.2.3. Perfil del Fondo Submarino

En la playa Ferroles presenta sondajes propicios (5m – 7.5 m) para la construcción de un muelle, se puede apreciar en la siguiente imagen el perfil levantado:

Figura 90. Perfil del Fondo Submarino



Nota. Elaboración propia

4.2.4. Muestras de Fondo Submarino

Tabla 30. Muestras de Fondo Submarino

TIPO DE PARTÍCULA	INTERVALO DE TAMAÑO (mm)	Muestras/Resultados	
		M-1/ PLAYA FERROLES - CALLAO	M-2/ PLAYA FERROLES - CALLAO
		100g	100g
Guijarro	64 - 4	0.00	0.00
Grava	4 - 2	0.00	0.00
SUB TOTAL		0.00	0.00
Arena Muy Gruesa	2 - 1	0.00	0.00
Arena Gruesa	1 - 0.5	0.00	0.00
Arena Media	0.5 - 0.25	2.98	1.28
Arena Fina	0.25 - 0.125	14.96	2.54
Arena Muy Fina	0.125 - 0.0625	57.90	81.79
SUB TOTAL		75.84	85.61
Limo Grueso	0.0625 - 0.031	7.34	7.08
Limo Mediano	0.031 - 0.0156	4.12	1.79
Limo Fino	0.0136 - 0.0078	5.14	1.73
Limo Muy Fino	0.0078 - 0.0039	1.98	0.41
SUB TOTAL		18.58	11.01
Arcilla Gruesa	0.0039 - 0.002	1.52	0.57
Arcilla Mediana	0.002 - 0.00098	0.48	0.45
Arcilla Fina	0.00098 - 0.00049	2.08	1.20
Arcilla Muy Fina	< 0.00049	1.50	1.16
SUB TOTAL		5.58	3.38
TOTAL		100.00	100.00

Nota. En esta tabla la empresa Marine Group nos menciona los tipos de partículas que se encontraron en las dos muestras que se tomaron al momento del dragado.

Las muestras de fondo arrojaron los siguientes resultados:

Muestra 1: arena (75.84%), limo (18.58%) y arcilla (5.58%)

Muestra 2: arena (85.61%), limo (11.01%) y arcilla (3.38%)

Concluyendo que en el fondo submarino del área de estudio existe una predominancia de arena, lo cual implica que existe una sedimentación, por lo que es recomendable la expansión de la estructura costera.

4.3. Análisis de la configuración morfológica

De acuerdo con los resultados obtenidos, se procede a analizar estos 4 criterios fundamentales para determinar la viabilidad de las estructuras costeras.

Tabla 31. Análisis del Fondo Submarino

CRITERIOS PARA LA VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS COSTERAS	RESULTADOS	NORMAS TÉCNICAS (DHN) PARA LA INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS COSTERAS	ANÁLISIS
PLANO BATIMÉTRICO	Mediante el sondeo acústico de profundidad (ecosonda monohaz), se hizo un barrido en un área de 115668.95 m ² , se obtuvo como resultado que la profundidad media de la Playa Ferrol es de 6 m, el perfil del fondo submarino es regular, no presenta obstrucciones o peligros a la navegación, el plano batimétrico se realizó a escala 1/10 000, la separación de sondeos fue de cada 5m en el terreno.	Realizar el levantamiento con un sistema monohaz o multihaz, abarcando un área de 100 m alrededor de toda la estructura. Dentro de la zona de Rompiente se efectuará líneas perpendiculares a la costa, deberá de medir cada transecto 20 m desde la orilla hasta la zona de rompiente y fuera de la zona, la densidad de los sondeos en el plano batimétrico debe ser de 0.5 cm de la escala del levantamiento. Las dos batimetrías deben tener un traslape.	El plano batimétrico cumple las especificaciones de las normas técnicas en cuanto al barrido del sistema usado, así como la representación en el plano. La cobertura del sondeo nos permitió obtener el perfil del fondo submarino y la topografía de playa nos permitió conocer la forma del terreno.
MUESTRAS DE FONDO	Dio como resultado mayor porcentaje de concentración de arena; muestra 1 (75.84%) y la muestra 2 (85.61%).	Se tomará 3 muestras de sedimento cada 100 m, distribuidos a lo largo del eje principal.	Las normas técnicas nos señalan que lo ideal sería haber tomado tres muestras, pero por la homogeneidad del lugar es aceptable las dos muestras, al tener mayor concentración de arena se observa que existe una sedimentación en el fondo submarino, propicio para la instalación de estructuras.

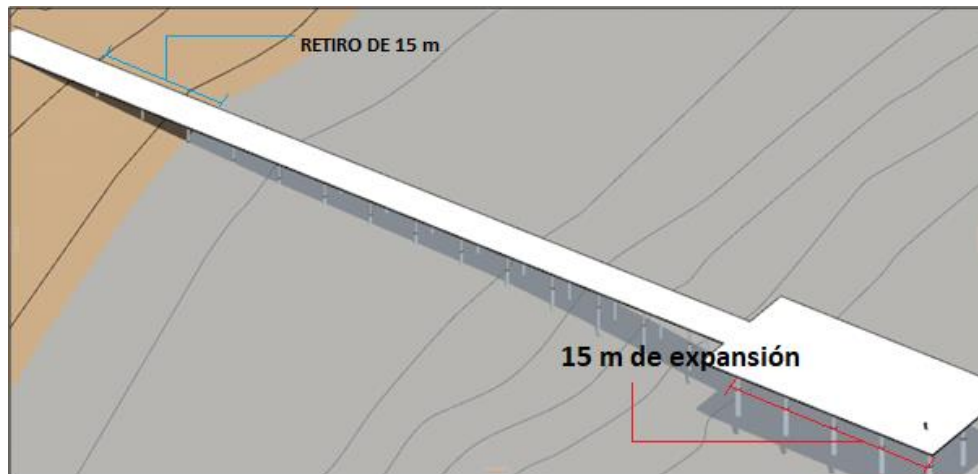
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA ZONA	Se encuentra en una zona abrigada por la isla San Lorenzo, disminuyendo el impacto de las olas provenientes del Sur y en una ubicación cercana a industrias y al puerto del Callao.	Se realizará una caracterización geomorfológica mediante las imágenes satelitales de los últimos 5 años.	Según las imágenes satelitales de los últimos 5 años, no muestran una variación en cuanto a las características geográficas de la zona y al encontrarse en una ubicación estratégica hace propicio la construcción y ampliación de estructuras costeras.
EVOLUCIÓN DE LA LÍNEA COSTERA	Según las imágenes satelitales de los últimos 20 años del Google Earth, muestra un retroceso del mar a razón promedio de 15 m por año, en el 2017 por el fenómeno del niño hubo un retiro mayor de 20 m.	-	El retroceso del mar se concluyó que es por la cercanía a la desembocadura del río Rímac, al traer consigo materiales y partículas en suspensión hace que el fondo se sedimente, desplazando las aguas del mar hacia dentro, en el caso del fenómeno del Niño hubo mayor concentración de estos materiales y hubo un mayor retroceso.

Nota. En esta tabla se detallan los resultados que se obtuvieron del levantamiento batimétrico y el dragado que se hizo respecto a la playa Ferroles, se muestran las normas técnicas de la DHN y su respectivo análisis.

4.4. Estructura costera factible

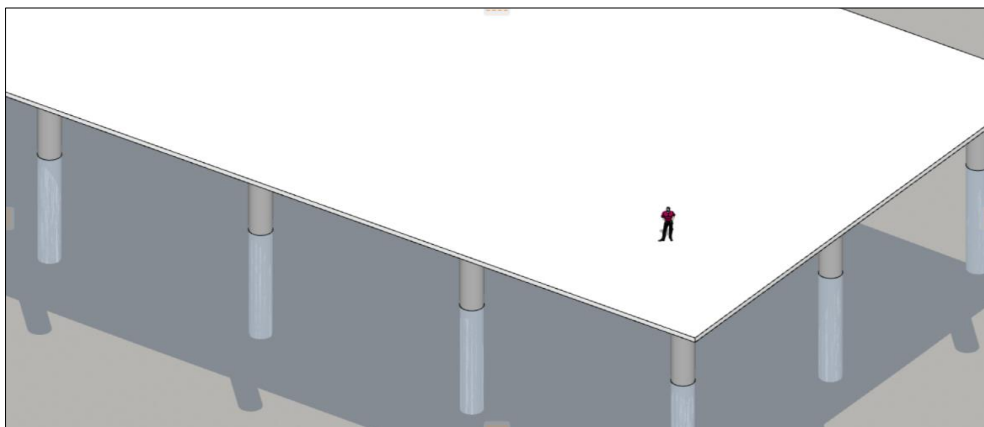
Para el caso de la Playa Ferroles, en el muelle Centenario de mediano bordo se registró que los sondeos oscilan entre los 5m y 7.5m, pero debido al retiro del mar y la sedimentación existente, sería necesario la ampliación anual del muelle ya que los buques de carga necesitan un mínimo de 6m de profundidad para embarcar y desembarcar, en consecuencia, el muelle crecería de 15m a 20m anualmente hacia el mar.

Figura 91. Muelle Centenario Extendido



Nota. Muelle centenario extendido, 2019, elaboración propia.

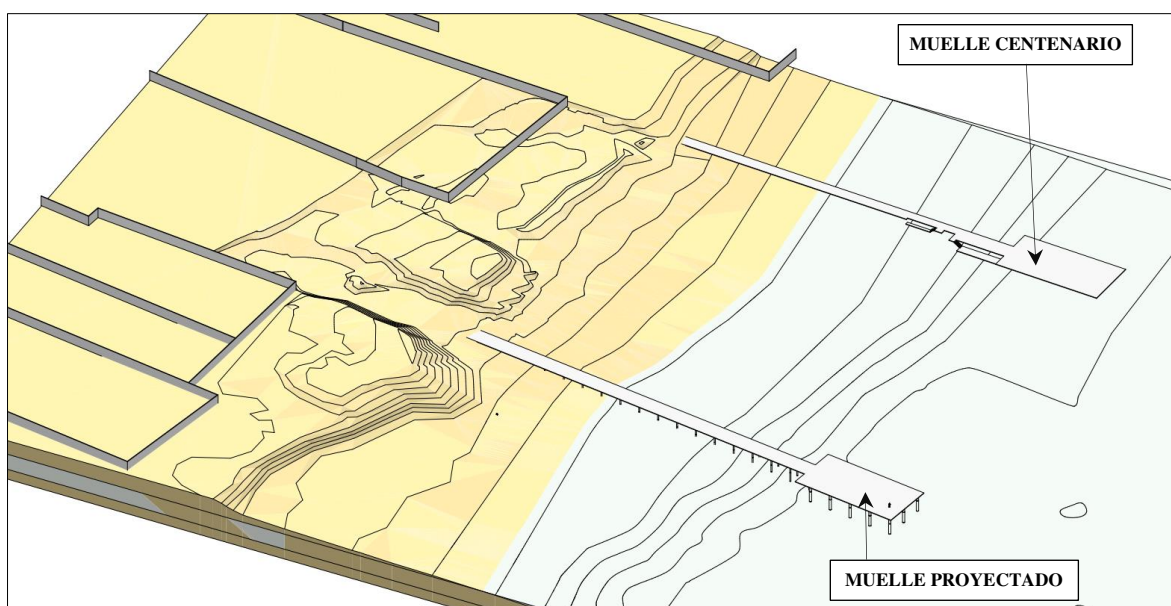
Figura 92. Zona de Embarque del Muelle



Nota. Zona de embarque del muelle, 2019, elaboración propia.

Si se realizase la construcción de otro muelle en la playa Ferroles, este estaría ubicado al margen derecho del muelle Centenario, ofreciendo protección contra los oleajes del Norte y sirviendo como zona de carga y descarga de embarcaciones evitando la saturación en el Muelle Centenario.

Figura 93. Muelle Proyectado



Nota. Muelle proyectado, 2019, elaboración propia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Debido a las características presentes en la zona de estudio se evaluó que la metodología óptima para su seguimiento y propuesta son los sondeos acústicos de profundidad y el levantamiento topográfico de la playa adyacente.
- El ecosonda monohaz se vuelve efectiva frente a levantamientos de estructuras costeras de menor alcance, pero si se trata de puertos multipropósitos se debería utilizar el ecosonda multihaz para un estudio más completo (dragado y objetos hundidos).
- Se debe tener suficiente conocimiento de los fenómenos marinos, tales como: las mareas, las corrientes marinas, las olas, la erosión y sedimentación de las playas o bordes costeros en sentido horizontal (corriente de marea) y en sentido vertical (altura de pleamares y bajamares) para la corrección por mareas.
- Actualmente se han desarrollado métodos aerotransportados y satelitales para efectuar levantamientos batimétricos, sin embargo, por el momento son aplicados en aguas someras y despejadas. En el caso de la playa Ferroles no sería aplicable porque presenta turbidez debido a la cercanía del Río Rímac.
- En la actualidad los datos de altura que toma el GNSS/GPS Rover en la embarcación ya se están aplicando de manera muy efectiva, el método de marea RTK resulta muy oportuno corrigiendo errores ocasionados por las mareas y el oleaje.
- En el caso de la playa Ferroles, se pudo apreciar que existe un retiro del mar a razón promedio de 15 m por año, debido a la sedimentación de materiales particulados y a la desembocadura del río Rímac presente en esa zona, lo que conlleva a realizar levantamientos periódicos para la ampliación y control de las estructuras costeras presentes y futuras.

- En el caso de la playa Agua Dulce se pudo apreciar que debido a la poca profundidad que existe en esa zona no es recomendable realizar estructuras costeras de gran alcance, ya que se tendría que construir una estructura lo suficientemente larga, lo cual incrementaría los costos de la obra y esto conlleva a invertir más en el presupuesto.
- El levantamiento realizado en la playa Agua dulce y en Ferroles nos ofrecieron, terminado el post proceso, una imagen general de la configuración morfológica del fondo submarino con la convicción de que la tecnología empleada como es el sondeo acústico de profundidad es una opción que se toma la mayoría de las veces en diferentes ámbitos.
- Si bien es cierto que un levantamiento batimétrico es un poco diferente que un levantamiento topográfico, es necesario que ambos datos se integren y sean coordinados para obtener un plano batimétrico y topográfico lo más fidedigno posible.
- Gracias al levantamiento batimétrico efectuadas con las normas técnicas vigentes, con sistemas y equipos adecuados en óptimas condiciones y en buen estado, personal bien capacitado y teniendo conocimiento de los fenómenos marinos costeros, podemos tener datos con alta fidelidad y proceder con la instalación de diversos artefactos y estructuras costeras.

5.2. Recomendaciones

- Es fundamental comprobar el correcto funcionamiento de los equipos y sistemas utilizados en el levantamiento, lo que nos permitiría comprobar después de la medición, los niveles normales de precisión.
- Es muy importante la comprobación de la precisión del ecosonda monohaz con una sondaleza o escandallo, en caso de la multihaz es necesario efectuar la prueba de desempeño para determinar el correcto funcionamiento y precisión del equipo, para que nos asegure una medición correcta de las profundidades, sería considerado una tarea de rutina siempre que se haga un levantamiento.
- El patrón de la lancha debe tener pleno conocimiento del área a levantar.
- El operador debe manejar y llevar un control de manera adecuada de los equipos, para evitar que se descalibren o se dañen.
- Los levantamientos batimétricos en aguas someras deben ser efectuados con lanchas equipadas con motores fuera de borda, estas serían las más adecuadas de manejo marino (que es ágil en el mar), en buenas condiciones.
- Los equipos de levantamiento (ecosonda y GPS) deben ubicarse en un lugar seguro y de fácil acceso y que brinden comodidades al operador.
- En el procesamiento de datos del ecosonda con el software indicado, se debe verificar que los picos de sonidos obtenidos en campo sean eliminados para no obtener una información errónea.
- Para evitar errores en posición es importante colocar el receptor GPS alineado con el transductor (alineamiento del sensor y GPS).

- En estructuras de gran relevancia es importante hacer un levantamiento periódico para verificar cambios significativos de la configuración del fondo subacuático. En el caso de la playa Ferroles, tiene que ser anualmente para la seguridad de las embarcaciones y para tomar decisiones de extender el muelle o hacer un dragado.

5.3. Bibliografía

- Autoridad Portuaria Nacional. (2016). Dragado. Recuperado de www.apn.gob.pe/site/servicios-portuarios/servicios-generales/dragado.aspx
- Ayala Gutiérrez, M. (2006). Propuesta metodológica para el ordenamiento ambiental de la zona costera – marina del área metropolitana de Lima – Callao. Lima, Perú.
- Ballotta Cantiere Navale. (2015). Yate ISCHIA 28'. Recuperado de www.ballotta.com.pe
- Ballester Mora, L. y Garcia Sala, D. (2010). Estudio batimétrico con ecosonda multihaz y clasificación de fondos. Barcelona, España.
- Bendeزú Arroyo, G. A. (2011). Estudio de impacto ambiental para la construcción y operación del terminal portuario de Paita. Lima, Perú
- Berné Valero, J.L. [et al] (2014). GNSS GPS: fundamentos y aplicaciones en Geomática. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Beyer Barrientos, J. (2006). Diseño de una metodología para determinar la localización de infraestructuras portuarias: Un caso de evaluación de la localización de una plataforma logística en la VIII región de Chile. Chile
- Carrasco Diaz C., (2013). Metodología de la Investigación Científica. Lima, Perú. Editorial San Marcos.
- C. Jimenez [et al] (2011). Revista de Investigación de Física: Estimación del nivel medio de Bajamares de Sicigias ordinarias en la bahía de Paracas. Lima, Perú
- Delgado Silva J.L. (2015). Levantamiento Hidrográfico con Sistema LIDAR. Lima, Perú.
- Denomades. (2019) Kayak Islas Flotantes de Uros. Recuperado de www.denomades.com

- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. (2006). Bitácora Hidrográfica. Callao.
- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. (2017). Normas Técnicas Hidrográficas N°1. Callao.
- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú. (2017). Normas Técnicas Hidrográficas N°45. Callao.
- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2017). Levantamiento batimétrico. Recuperado de www.dhn.mil.pe/hidrografia
- Donayre Azán, V. G. (2005). Estudio y diseño de una marina. Lima, Perú.
- Eliana Villavicencio. (2015). Enrocado en playa de Trujillo. Lima, Perú. Recuperado de www.elcomercio.pe
- Fuentes Ortiz C. (2001). Ingeniería Portuaria. Lima, Perú.
- Gama Osorio, C. (2016). Conformación de un modelo batimétrico de alta resolución de la Bahía la Paz” Ciudad de México, México.
- Geosistemas. (2018). HyDrone RCV Drone portable para batimetría. Recuperado de <http://www.geosistemassrl.com.ar>
- GLOBALNPO. (2019). Dique flotante del Perú – Paita. Recuperado de www.globalnpo.org/PE/Paita/229938797408217
- Godoy Oriundo, E. (2005). Levantamiento hidrográfico automatizado, para la determinación de la ruta óptima de navegación en el río Ucayali. Lima, Perú
- Gómez Hernández, O. A. (2013). Análisis de métodos e instrumentación utilizada en batimetría. Valdivia, Chile.
- González Alcaraz P. Levantamiento mediante GPS de una red de puntos establecidos para correlacionar los distintos espacios de la universidad en el mismo sistema de coordenadas.

- Heliceo. (2020). HyperBathy³⁰, Dron hidrográfico autónomo Recuperado de <http://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/hyperbathy30-dron-hidrografico>
- Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres C., (2018). Metodología de la Investigación: Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mexico. Editorial Mc Graw Hill Education
- Hypack. (2019). Aplicaciones en Hidrografía. Middletown, Estados Unidos: Hypack a Xylem Brand.
- Instituto Geográfico Nacional, IGN. (diciembre del 2015). Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global. Lima, Perú.
- International Hydrographic Organization, OHI. (2005). Manual on Hydrography 1^oEdition. [Manual de Hidrografía 1^o Edición]. Monaco.
- Jesús Martín. (2018). Moto Acuática. Nota de Motor Pasión. Recuperado de www.motorpasionmoto.com/zona-de-pruebas
- Jordán Carrión A.F. y López Armijos, D.L. (2019). Análisis de las variaciones morfométricas y batimétricas del embalse la mica para el periodo 2007-2018. Quito, Ecuador.
- Juan Jesus Diaz (2015). Espigón en Miraflores. Lima, Perú. Recuperado de www.mapio.net
- La Marina de Guerra del Perú (2019). BAP Carrasco realizó sembrado de boyas oceanográficas. Recuperado de www.marina.mil.pe
- León Martín, José David (2004). Del escandallo a los sondadores multihaz. España.
- Manya Gutierrez, D. C. (2014). Evolución del funcionamiento del sistema de gestión ambiental según norma ISO 14001 de un operador portuario del terminal marítimo de contenedores en el puerto del Callao. Lima, Perú.
- Marina de guerra del Perú. (2019). Buque Multiprósito B.A.P. “Pisco”. Recuperado de

www.marina.mil.pe/es/noticia/bap-paita-segundo-buque-multiproposito

- Márquez-García A.Z. [et al] (2010). Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero. Mexico D.F.
- Mertind. Bolivia (2020). Hidrografía. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Recuperado de <https://www.mertind.com/bolivia/index.php/callisto-features/hidrografia>
- Morote Somontes G. (2011). Establecimiento de procedimientos para el flujo y archivo de información de campo de levantamientos hidrográficos. Lima, Perú.
- Nippon Koei Lac (2016). Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la Chira. Recuperado de www.nklac.com/work/ptar-la-chira
- Osorio Tai M. (2006). Modelo batimétrico de la bahía de Petacalco. Mexico D.F.
- Panorama Acuícola. (2013). La Maricultura en Ecuador. Recuperado de www.panoramaacuicola.com
- Perú-Petro licitará 9 lotes petroleros ubicados en el mar peruano. (31 de mayo del 2013). El comercio. Recuperado de www.archivo.elcomercio.pe
- Pineda V. (2001) Biología Marina: conceptos y procesos.
- Repsol-Perú. (2018). Refinería La Pampilla recibe monoboya. Recuperado de www.repsol.pe/es/sala-prensa/notas-prensa/refineria-pampilla-recibe-monoboya-instalara-primer-terminal-maritimo-de-su-tipo-pais.cshtml
- Revista digital De Topografía. (2012). La verdadera forma de la tierra. El Geoide. España. Recuperado de: <http://detopografia.blogspot.com/>
- Rondón Ramirez, Gustavo Adolfo. Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: bahía de Paita, Perú 1946-2007.

- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. (2019). Especificaciones técnicas y administrativas para la ejecución de batimetrías con valor hidrográfico. Valparaíso, Chile.
- Técnica Naval. (2018). Actividad en chata. Recuperado de www.tecnicanaval.blogspot.com
- U.S. Army Corps of Engineers. (2004). Engineers and Design Hydrographic Surveying. [Ingeniería y Diseño de Estudios Hidrográficos]. Washington DC, USA.
- Velazco F. (2012). Distribución de los sedimentos del margen continental peruano. Lima, Perú

ANEXOS

ANEXO 1: Plano de ubicación de la playa Ferroles

ANEXO 2: Plano de ubicación de la playa Agua Dulce

ANEXO 3: Plano de evolución de la Línea Costera - Playa Ferroles

ANEXO 4: Plano de evolución de la Línea Costera - Playa Agua Dulce

ANEXO 5: Plano batimétrico del Área levantada - Playa Ferroles

ANEXO 6: Plano batimétrico del Área levantada - Playa Agua Dulce

ANEXO 7: Plano de Corrientes Marinas y puntos de muestreo de Fondo – Playa Ferroles

ANEXO 8: Modelo en 3D de la Estructura Costera Factible – Playa Ferroles

ANEXO 9: Ficha técnica de la Estación Geodésica

ANEXO 10: Ficha técnica del punto “CABEZO GPS”

ANEXO 11: Ficha técnica del punto “BMC GPS”

ANEXO 12: Certificado de análisis de Muestra de fondo

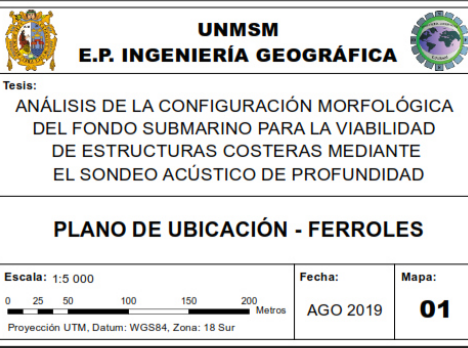
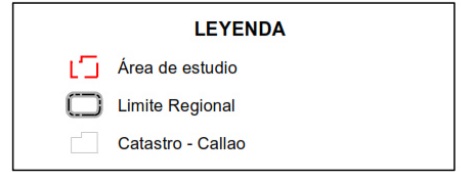
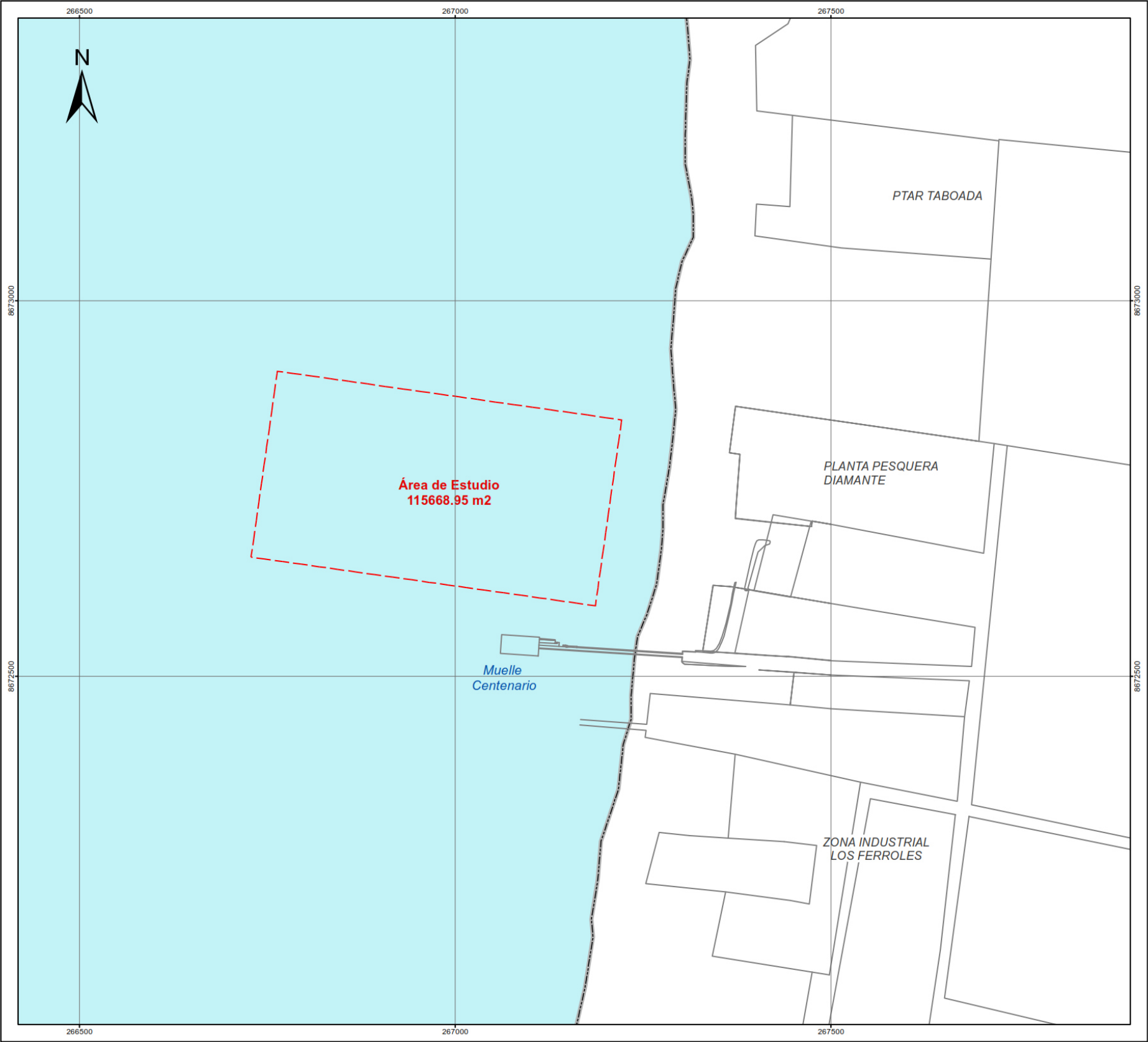
ANEXO 13: Certificado de calibración del DGPS – Estación Base

ANEXO 14: Certificado de calibración del DGPS – Estación Rover

ANEXO 15: Certificado de calibración de la Ecosonda

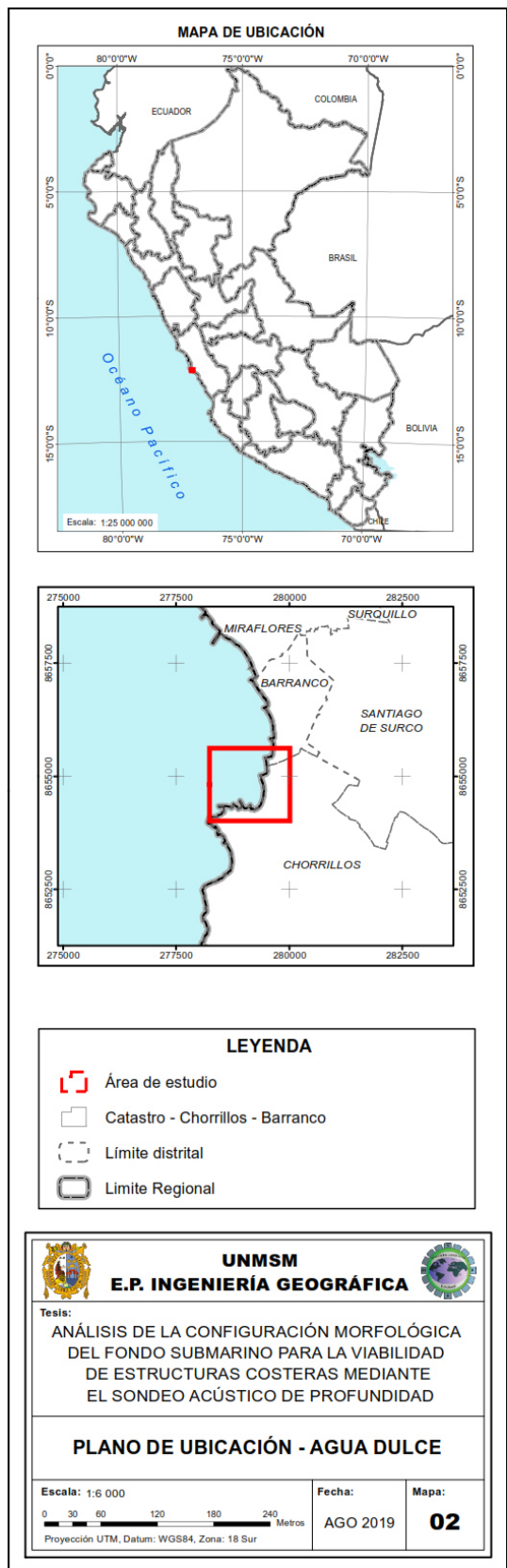
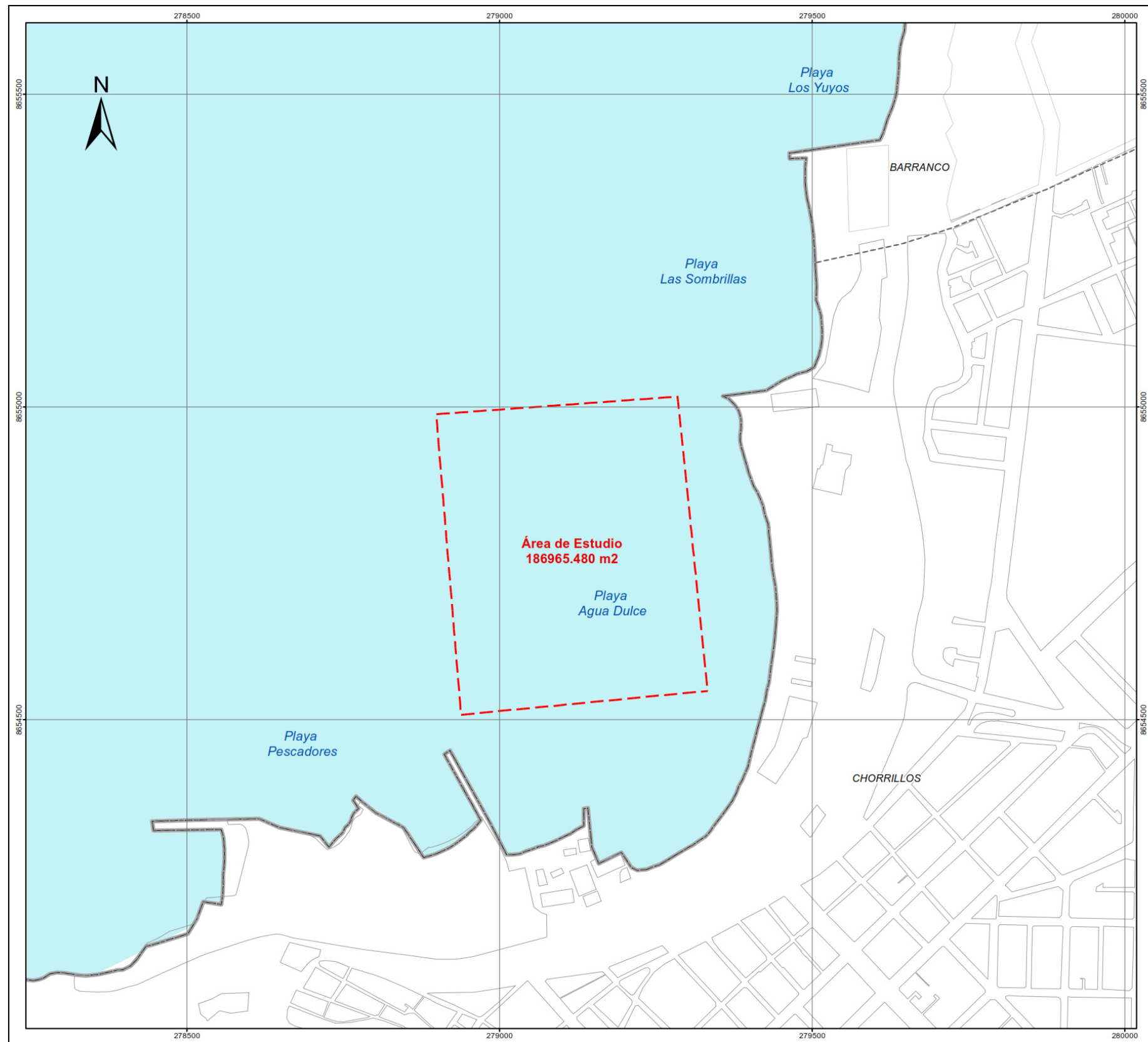
ANEXO N 1

Plano de Ubicación de la Playa Ferroles



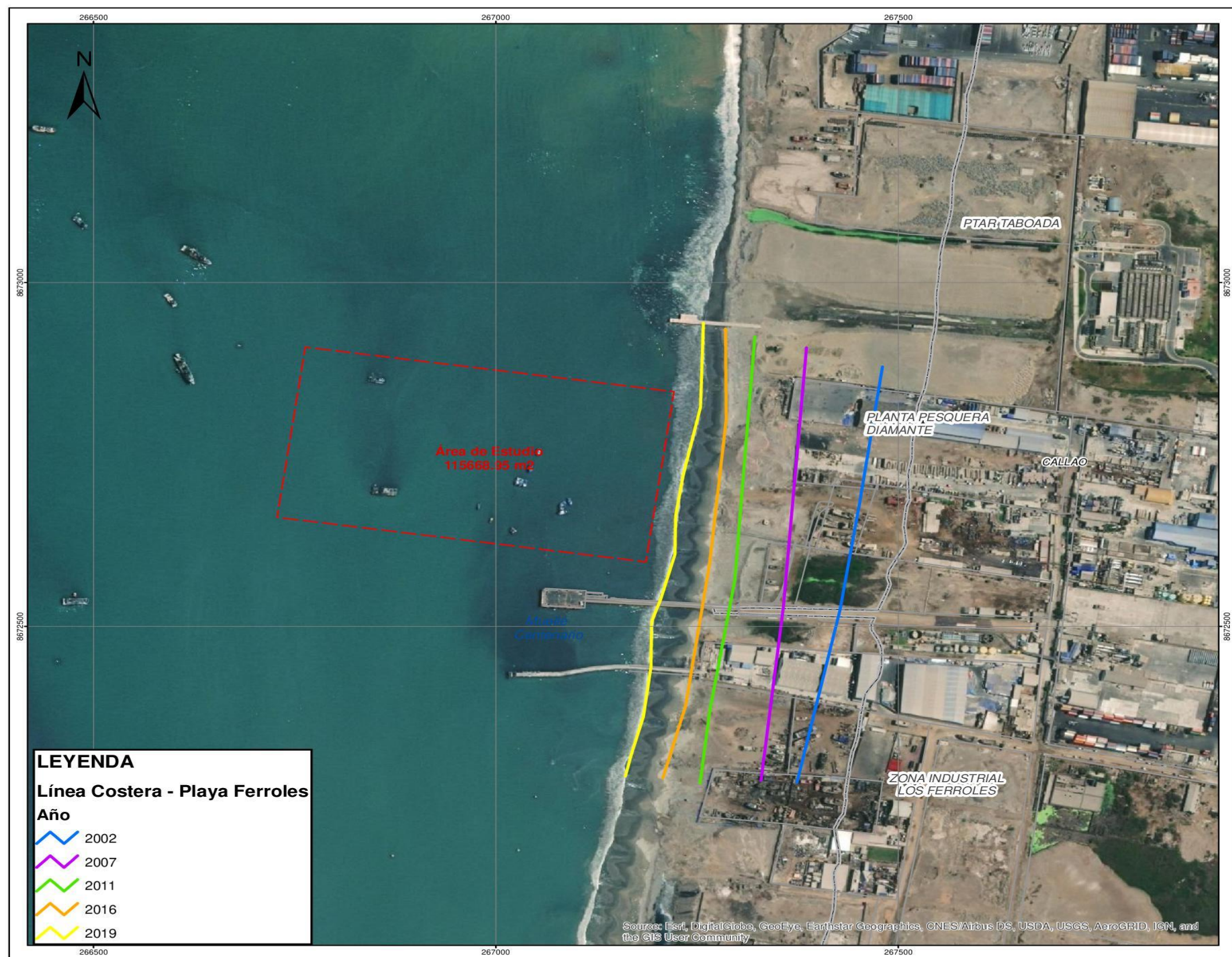
ANEXO N 2

Plano de Ubicación de la Playa Agua Dulce



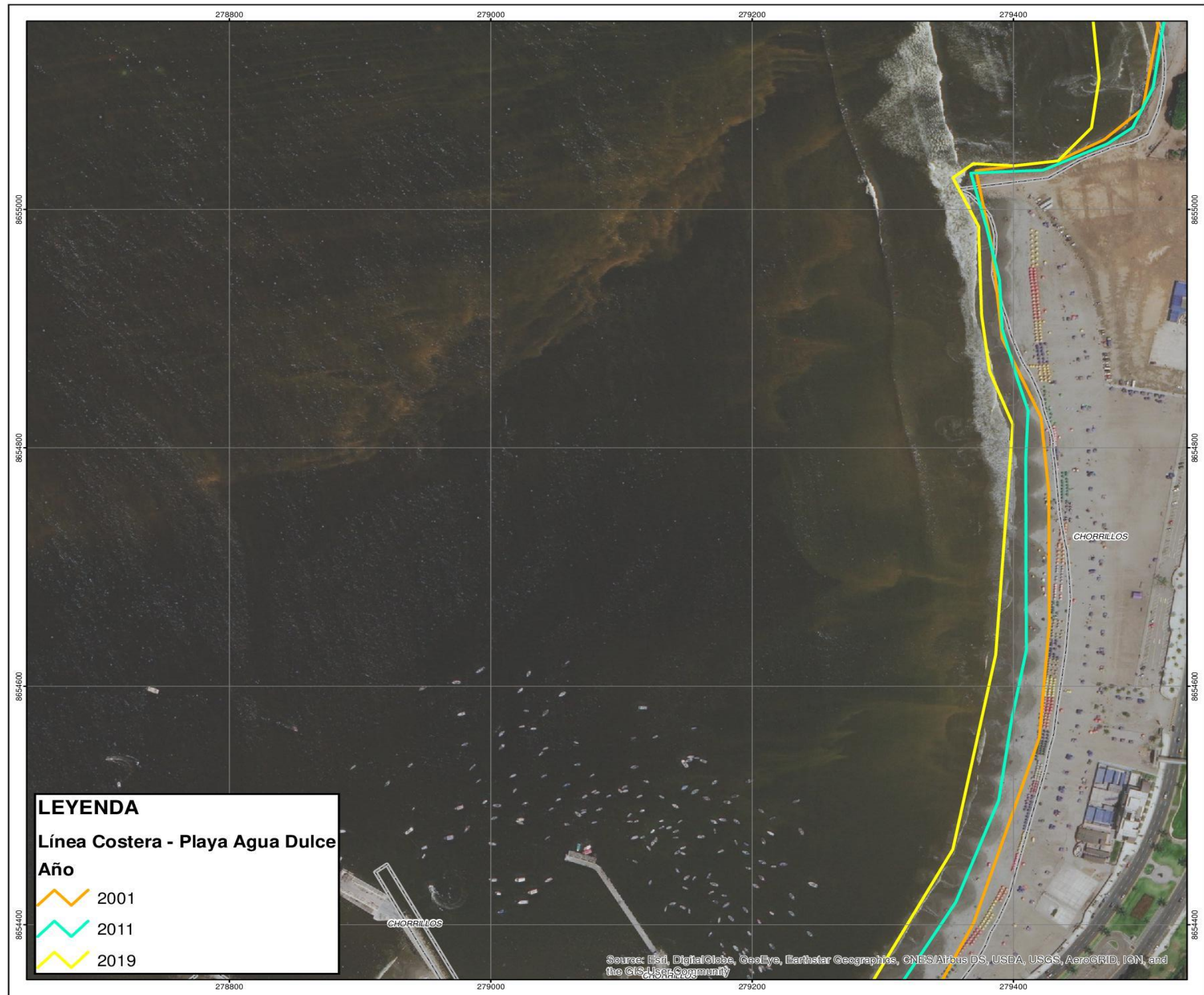
ANEXO N 3

Plano de Evolución del Límite Costero – Playa Ferroles



ANEXO N 4

Plano de Evolución del Límite Costero – Playa Agua Dulce



MAPA DE UBICACIÓN

LEYENDA

- Límite distrital
- Límite Regional

UNMSM
E.P. INGENIERÍA GEOGRÁFICA

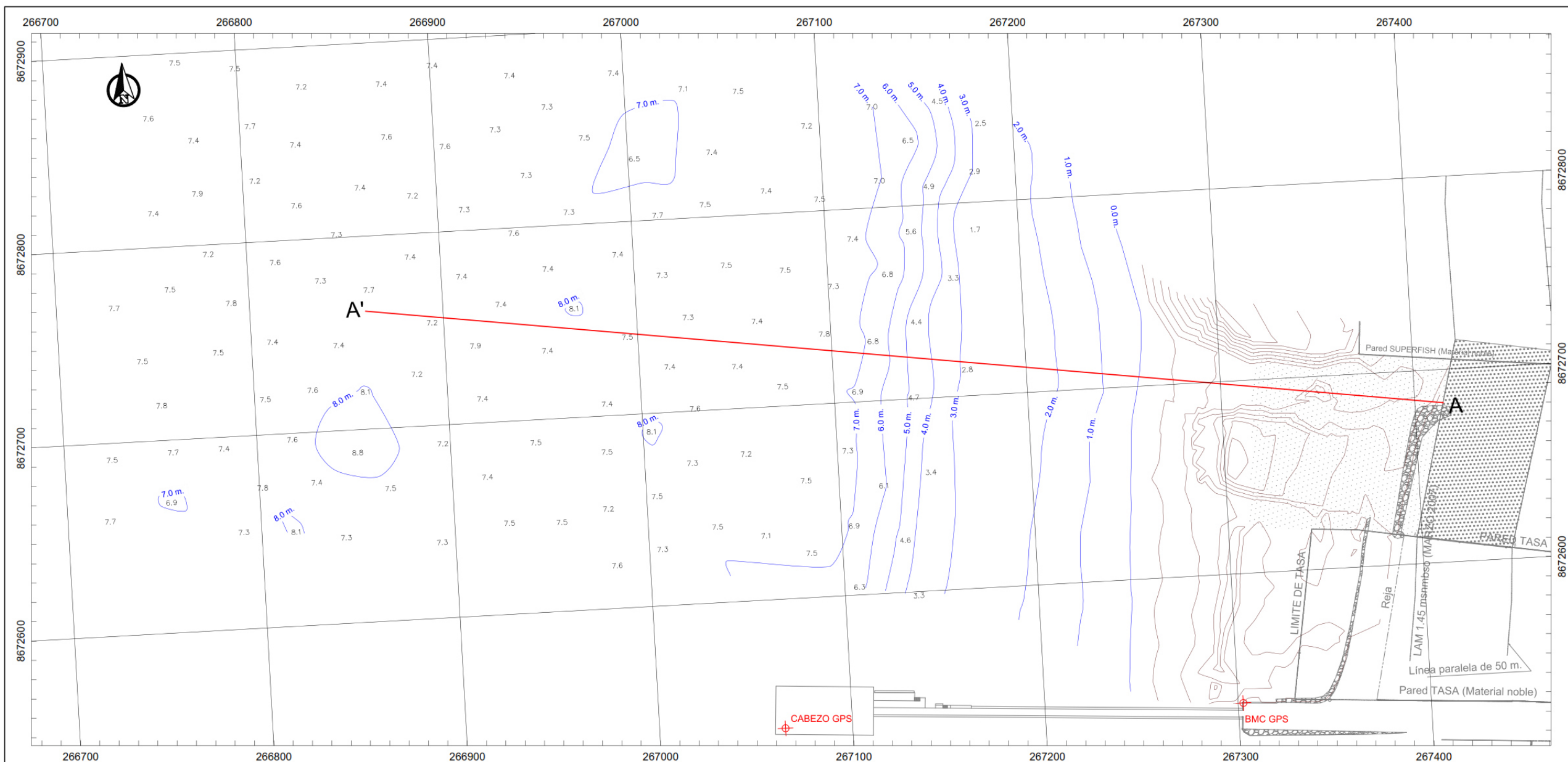
Tesis:
ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA DEL FONDO SUBMARINO PARA LA VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS COSTERAS MEDIANTE EL SONDEO ACÚSTICO DE PROFUNDIDAD

LÍMITE COSTERO MARINO - PLAYA AGUA DULCE

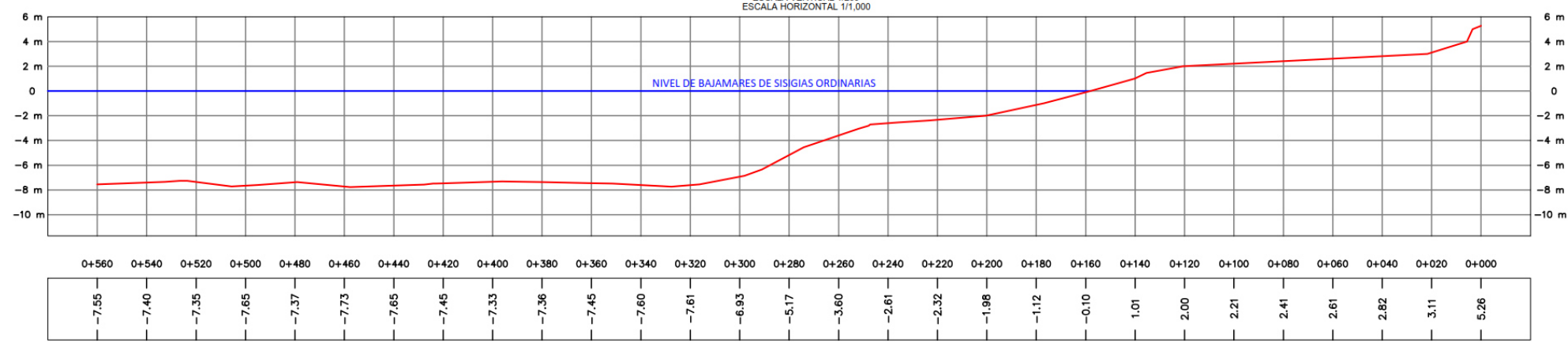
Elaborado:	Gutierrez Rueda Roger Yuri Villena Jara Juan Manuel	Fuente:	Instituto Geográfico Nacional (IGN) Google Earth
Escala:	1:3,000	Fecha:	AGO 2019
Proyección UTM, Datum: WGS84, Zona: 18 Sur		Mapa:	04

ANEXO N 5

Plano Batimétrico de la Playa Ferroles



PERFIL LONGITUDINAL A'-A
ESCALA VERTICAL 1/200
ESCALA HORIZONTAL 1/1,000



LEYENDA

- Isóbatas
- Curvas de nivel
- Perfil longitudinal

UNMSM
E.P. INGENIERÍA GEOGRÁFICA

Tesis: ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA DEL FONDO SUBMARINO PARA LA VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS COSTERAS MEDIANTE EL SONDEO ACÚSTICO DE PROFUNDIDAD

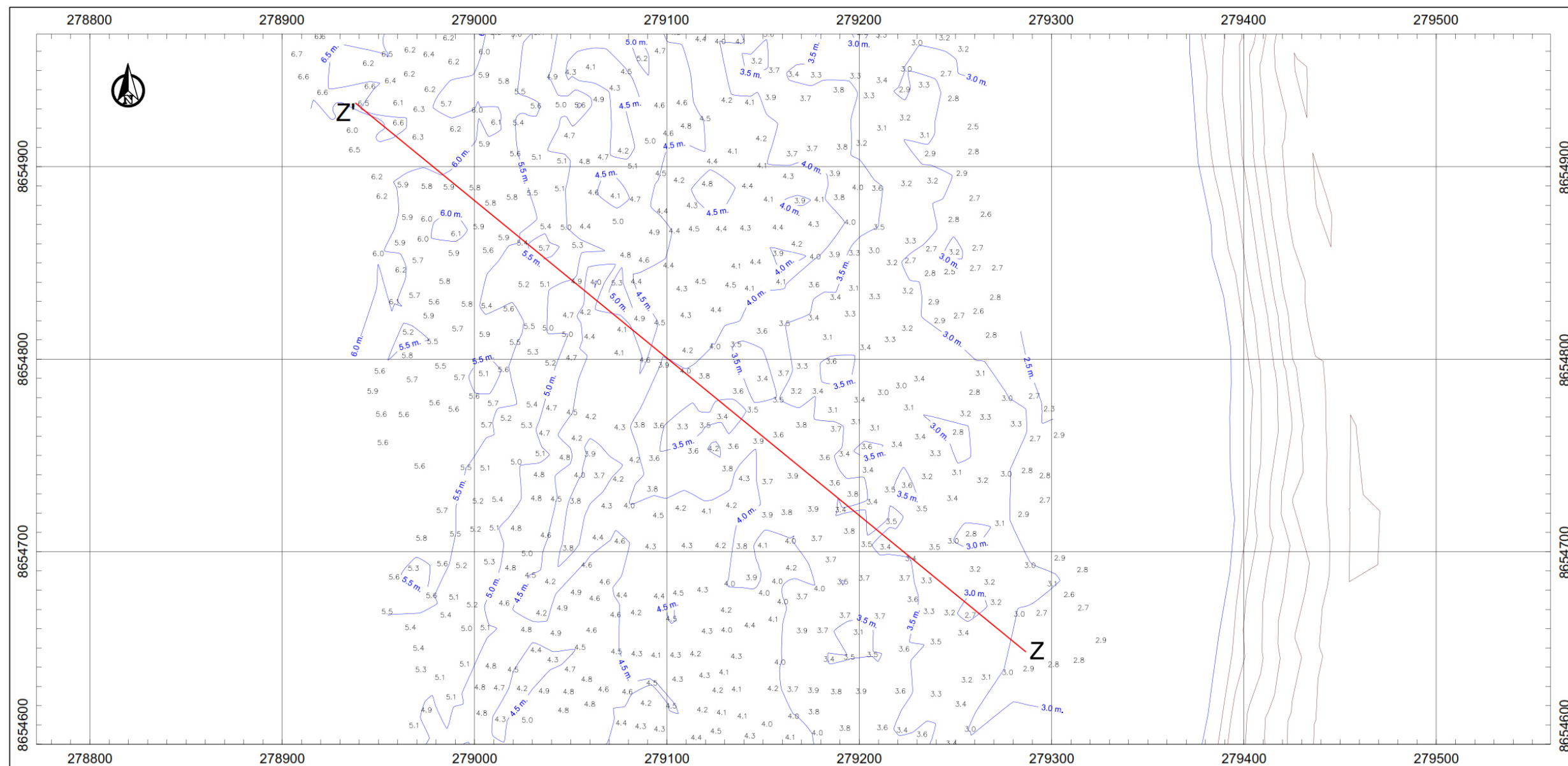
PLANO BATIMÉTRICO

Escala: 1:1000
Proyección UTM, Datum: WGS84, Zona: 18 Sur

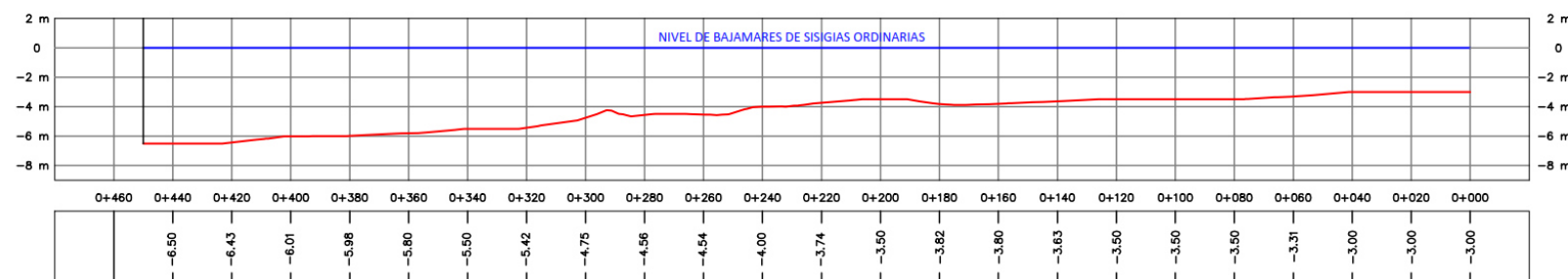
Fecha: AGO 2019
Mapa: 05

ANEXO N 6

Plano Batimétrico de la Playa Agua Dulce



PERFIL LONGITUDINAL Z-Z
ESCALA VERTICAL 1/200
ESCALA HORIZONTAL 1/1,000



LEYENDA

- Isóbatas
- Curvas de nivel
- Perfil longitudinal

UNMSM
E.P. INGENIERÍA GEOGRÁFICA

Tesis: ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN MORFOLÓGICA DEL FONDO SUBMARINO PARA LA VIABILIDAD DE ESTRUCTURAS COSTERAS MEDIANTE EL SONDEO ACÚSTICO DE PROFUNDIDAD

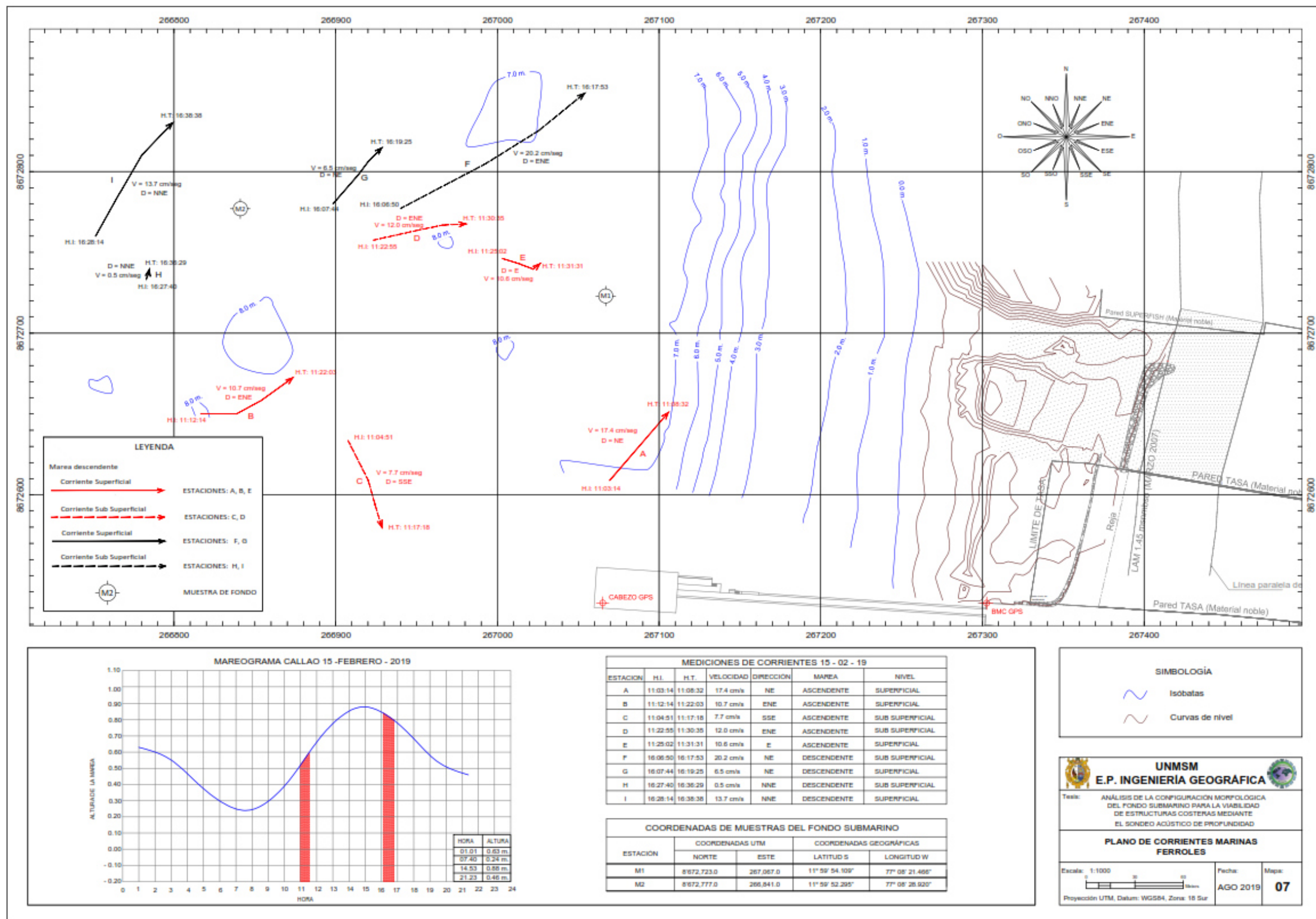
MAPA BATIMÉTRICO

Escala: 1:1000
Proyección UTM, Datum: WGS84, Zona: 18 Sur

Fecha: AGO 2019
Mapa: 06

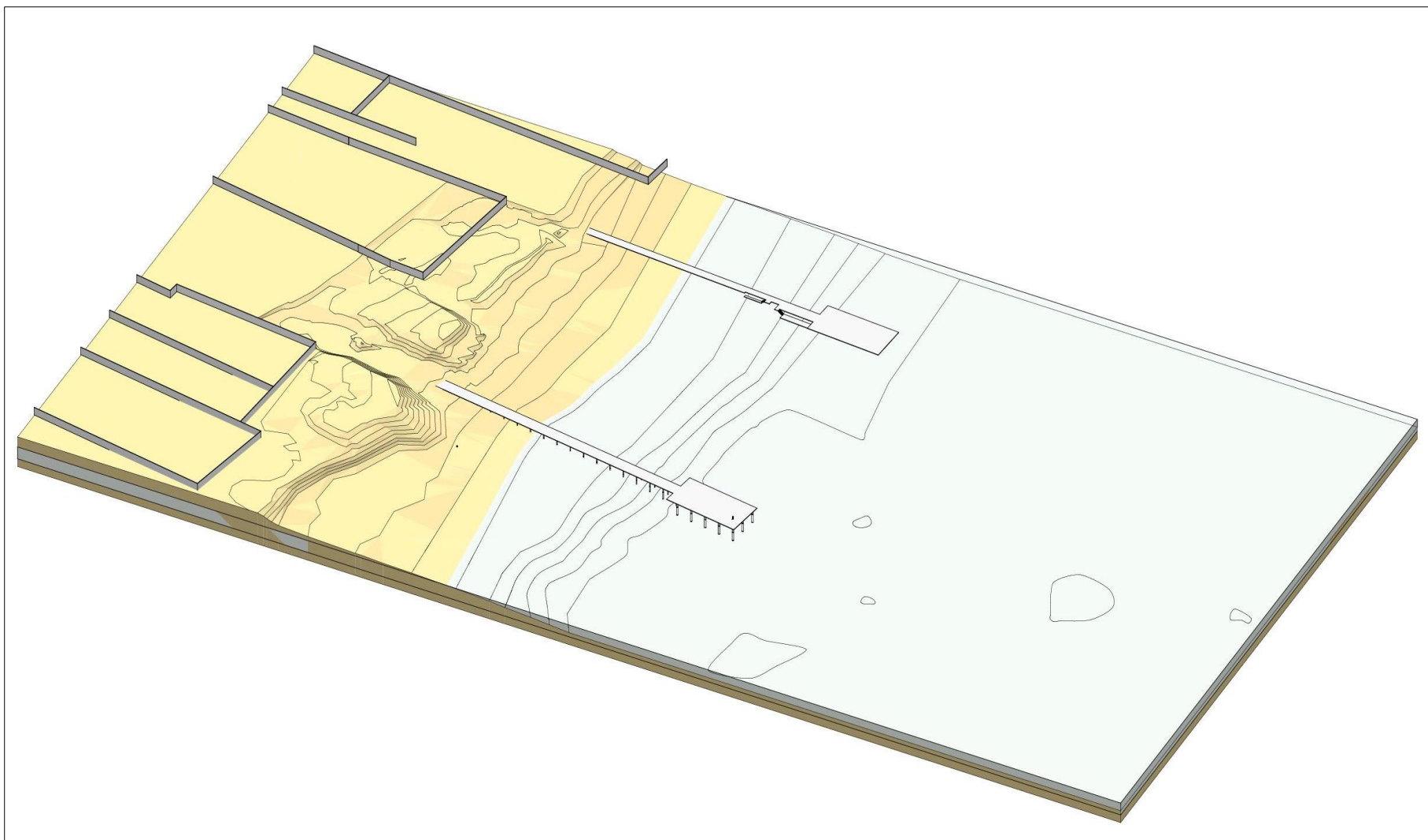
ANEXO N 7

**Plano de Corrientes Marinas y puntos de muestreo de Fondo –
Playa Ferroles**



ANEXO N 8

Modelo en 3D de la Estructura Costera Factible – Playa Ferroles



ANEXO N 9

Ficha Técnica de la Estación Geodésica



INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL
DIRECCION DE GEODESIA



FORMULARIO DE INFORMACION DE LA ESTACION GPS PERMANENTE

0. FORMULARIO

Preparado por	<i>Instituto Geográfico Nacional – Dirección de Geodesia</i>
Creado	<i>15 de Abril del 2010</i>
Actualizado	<i>04 de Agosto del 2010</i>

1. INFORMACION DE LA ESTACION GPS

Nombre de la Estación	<i>Lima - IGN</i>
Código de Identificación	<i>Li01</i>
Código Internacional	
Inscripción del monumento	<i>Sin inscripción</i>
Institución a cargo del mantenimiento	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
Responsable del mantenimiento	<i>Dirección de Geodesia</i>
e-mail	<i>geodesia@ign.gob.pe</i>
Institución propietaria del instrumento	<i>Instituto Geográfico Nacional</i>
Orden de la Estación	<i>0</i>
Información adicional	<i>Esta estación forma parte de la Red Geocéntrica Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, Dirección de Geodesia</i>

2. INFORMACION SOBRE LA LOCALIZACION

Localidad	<i>Surquillo</i>
Provincia	<i>Lima</i>
Departamento	<i>Lima</i>
Información sobre el monumento	<i>La antena del receptor esta instalada sobre un monumento de concreto de 1.34 m de alto, 30 cm x 51 cm de ancho de color rojo teja. El monumento está colocado en el techo del museo del Instituto Geográfico Nacional.</i>
Información sobre el receptor	<i>El receptor está instalado en la Sala de Servidores de la mencionada institución</i>

USUARIO CHACON RODRIGUEZ, ROSSMERY FECHA 30/05/2013 04:39 p.m. FACTURA N° 001-0111588



3. COORDENADAS DE LA ESTACION

A. Coordenadas Geodésicas

A.1. Marco de referencia utilizado:

ITRF 2000

A.2. Latitud (S)

°	min	s
12	6	10.86386

A.3. Longitud (O)

°	min	s
77	1	0.98772

A.4. Altura Elipsoidal

Altura (m)
157.6097

A.5. Factor de escala planimétrico

Factor
1.000195939

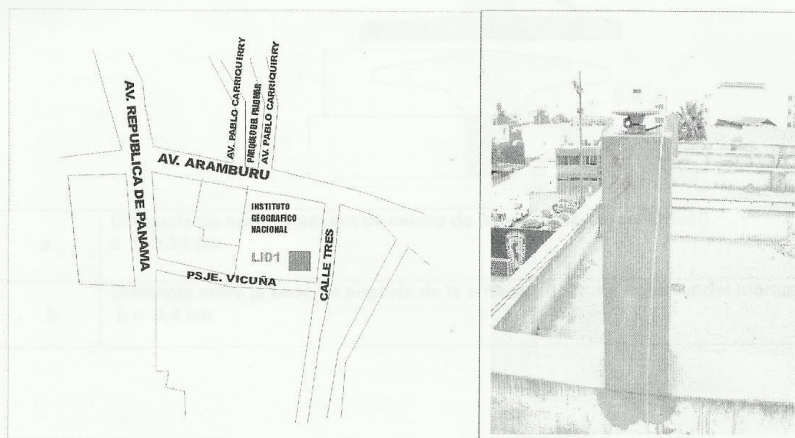
B. Coordenadas Cartesianas

X (m)	Y (m)	Z (m)
1401320.96870	-6077986.48690	-1328580.50910

C. Coordenadas UTM

Norte (m)	Este (m)	Zona
8661244.45075500	280479.72744031	18 Sur

4. CROQUIS DE LA ESTACION



ANEXO N 10

Ficha Técnica del Punto Control “CABEZO GPS”

DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CONTROL HORIZONTAL

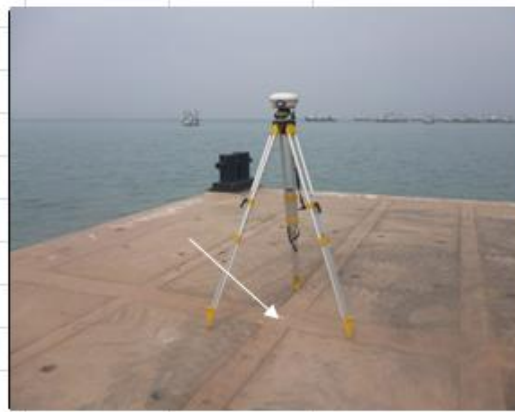
Nombre	Lugar	Distrito	Orden
CABEZO GPS	PLAYA FERROLES	CALLAO	"C" DGPS
Provincia	Departamento	Característica de la Marca	Elevación
CALLAO	LIMA	PINTADO	4.33 m. GEOIDAL
Latitud sur	Longitud oeste	Norte(Y)	Este(X)
12° 00' 00.28712"	77° 08' 21.57554"	8'672,533.08374	267,065.145
Datum horizontal	Elipsoide	Zona UTM	
WGS 84	WGS 84	18	

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La estación "CABEZO GPS" se encuentra ubicada en el Litoral centro del Perú, esta pintada sobre el piso del cabezo del muelle Centenario en playa los Ferroles, Callao. Politicamente pertenecen al distrito del Callao, provincia Constitucional del callao, departamento de Lima.

Para llegar a la estación, partiendo desde el obelisco del Callao, se toma la Av. Argentina hasta la Av. Nestor Gambeta, por donde se continua hasta ingresar a la Av. Los Ferroles, para luego transitar por la Av. Centenario hasta llegar al ingreso al muelle Centenario.

La marca de la estación "CABEZO GPS", es el centro de un círculo pintado de color blanco sobre fondo rojo. Tiene la siguiente inscripción "CABEZO GPS". La estación fue determinada el 24 de octubre 2013, por metodos de posicionamiento satelital (DGPS)



Determinada y descrita por Marine Group S.R.L.

ANEXO N 11

Ficha Técnica del Punto Control “BMC GPS”

DESCRIPCIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CONTROL HORIZONTAL

Nombre	Lugar	Distrito	Orden
BMC GPS	PLAYA FERROLES	CALLAO	"C" DGPS
Provincia	Departamento	Característica de la Marca	Elevación
CALLAO	LIMA	PINTADO	4.37 m. GEOIDAL
Latitud sur	Longitud oeste	Norte(Y)	Este(X)
12° 00' 00.34977"	77° 08' 13.72833"	8'672,533.00136	267,302.601
Datum horizontal	Elipsoide	Zona UTM	
WGS 84	WGS 84	18	

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La estación "BMC GPS" se encuentra ubicada en el Litoral centro del Perú, esta pintada sobre la base del muelle Centenario en playa los Ferroles, Callao. Politicamente pertenecen al distrito del Callao, provincia Constitucional del callao, departamento de Lima.

Para llegar a la estación, partiendo desde el obelisco del Callao, se toma la Av. Argentina hasta la Av. Nestor Gambeta, por donde se continua hasta ingresar a la Av. Los Ferroles, para luego transitar por la Av. Centenario hasta llegar al ingreso al muelle Centenario.

La marca de la estación "BMC GPS", es el centro de un circulo pintado de color blanco sobre fondo rojo. Tiene la siguiente inscripción "BMC GPS". La estación fue determinada el 24 de octubre 2013, por metodos de posicionamiento satelital (DGPS)



Determinada y descrita por Marine Group S.R.L.

ANEXO N 12

Certificado de Análisis de Muestras de Fondo

INFORME DE ENSAYO N° 1-02585/19

Pág. 1/1

Solicitante : MARINE GROUP S.R.LTDA
Domicilio legal : Jr. Pedro Chamocho N° 180 Urb. Maranga - San Miguel - Lima - Lima
Producto declarado : SEDIMENTO MARINO
Cantidad de Muestras para el Ensayo : 2 muestras x 3 kg
Muestra proporcionada por el solicitante
Identificación de la muestra : FECHA DE MUESTREO: 2019-02-15
Según se indica
Forma de Presentación : En bolsa de polietileno, cerrada y refrigerada
Fecha de recepción : 2019 - 02 - 21
Fecha de inicio del ensayo : 2019 - 02 - 23
Fecha de término del ensayo : 2019 - 03 - 02
Ensayo realizado en : Laboratorio de Toxinas e Hidrobiología (Callao)
Identificado con : H/S 19001834 (EXMA-02633-2019)
Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas

TIPO DE PARTICULA	INTERVALO DE TAMAÑO (mm)	Muestras / Resultados	
		M-1 / PLAYA FERROLES - CALLAO	M-2 / PLAYA FERROLES - CALLAO
		g/100g	g/100g
Gujarro	64-4	0,00	0,00
Grava	4-2	0,00	0,00
ARENA			
Areña muy gruesa	2-1	0,00	0,00
Areña gruesa	1-0,5	0,00	0,00
Areña media	0,5-0,25	2,98	1,28
Areña fina	0,25-0,125	14,96	2,54
Areña muy fina	0,125-0,0625	57,90	81,79
SUB TOTAL		75,84	85,61
LILO			
Lilo grueso	0,0625-0,031	7,34	7,08
Lilo mediano	0,031-0,0156	4,12	1,79
Lilo fino	0,0156-0,0078	5,14	1,73
Lilo muy fino	0,0078-0,0039	1,88	0,41
SUB TOTAL		18,58	11,01
ARCILLA			
Arcilla gruesa	0,0039-0,002	1,52	0,57
Arcilla mediana	0,002-0,00098	0,48	0,45
Arcilla fina	0,00098-0,00049	2,08	1,20
Arcilla muy fina	<0,00049	1,50	1,18
SUB TOTAL		5,58	3,38
TOTAL		100,00	100,00

MÉTODO

Granulometría: CERPER LE-ME-DGS. 2006. Determinación de granulometría en sedimentos

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 04 de marzo de 2019
AM

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
G.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CHIMBOTE
Av. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (049) 311 048

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

ANEXO N 13

Certificado de Calibración del DGPS – Estación Base

Equipos para Geomatica, Estaciones totales
GNSS, Software de Aplicaciones 3D
Escaner 3D, Machine Control



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N° 1952V/18

OTORGADO A:

ADVÍNCULA INGENIEROS E.I.R.L.

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	1118-23505

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2,CA, RTK	3mm+0.1ppm	3.5mm+0.4ppm	5mm+0.5ppm	10mm+0.8ppm

* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO:

Estacion de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinnacle Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricacion Año 2017 y cuentan con las ultimas tecnologias aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Peru por su alta precision y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revision en el periodo máximo de 06 meses antes del 22 de Abril del 2019.

Santiago de Surco, 23 de Octubre del 2018.


NELSON MENESES P.
GERENTE GENERAL ADJ.



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precision del Receptor GNSS. Revisar periodicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

SOKKIA FARO Geomagic 3D SYSTEMS TOPCON

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco
(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230
946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Siguenos en:

ANEXO N 14

Certificado de Calibración del DGPS – Estación Rover

Equipos para Geomática, Estaciones totales
GNSS, Software de Aplicaciones 3D
Escaner 3D, Machine Control



CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERATIVIDAD

N°12450T/19

OTORGADO A:

ADVINCULA INGENIEROS E.I.R.L.

Equipos	Marca	Modelo	Serie
RECEPTOR GPS	TOPCON	GR 5	1118-21148

CUADRO DE PRECISIONES INDICADAS POR EL FABRICANTE: (1 sigma)

Equipos	POST PROCESO		RTK	
	* Horizontal	* Vertical	* Horizontal	* Vertical
RECEPTOR GNSS L1/L2, CA, RTK	3mm+0.5ppm	5mm+0.5ppm	10mm+1ppm	15mm+1ppm

* Por línea base

GEOMATIC INSTRUMENTS CORPORATION SAC "GEINCOR SAC" en su calidad de Único Distribuidor Autorizado de la Marca TOPCON, mediante su Laboratorio de Servicio Técnico certificado y autorizado por su proveedor Topcon Positioning Systems, certifica que habiendo efectuado las pruebas y regulaciones a los instrumentos anteriormente mencionados se encuentran dentro de las especificaciones técnicas de fábrica en lo referente a la precisión obtenida en postproceso y tiempo real.

PATRON UTILIZADO:

Estación de Rastro Permanente GNSS NET-G3A L1/L2, RTK con Antena Geodesica Choke Ring CR-G5, Software Pinode Post Proceso, patronados por el Fabricante Topcon.

NOTA:

Los Receptores GNSS antes mencionados son de fabricación Año 2015 y cuentan con las últimas tecnologías aplicadas a los Sistemas GNSS, los cuales son reconocidos en el Perú por su alta precisión y eficiencia en los trabajos efectuados.

Se expide el presente certificado a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Se sugiere efectuar una revisión en el periodo máximo de 06 meses antes del 11 de Agosto del 2019.

Santiago de Surco, 12 de Febrero del 2019.

CRISTIAN MENEZES P.
GERENTE SERV. TÉCNICO



Nota: Tener en cuenta que los accesorios (Bases nivelantes y Bastones) son muy importantes para mantener la precisión del Receptor GNSS. Revisar periódicamente dichos accesorios ya que esto puede ocasionar imprecisiones en su resultado.

Av. Paseo De La Castellana N° 567 - Surco
(01) 448 1889 / (01) 448 1891 / (01) 273 8230
946 206 342 981 044 863 981 044 865



ventas@geincor.com / geincor@geincor.com

www.geincor.com

Síguenos en:

ANEXO N 15

Certificado de Calibración de la Ecosonda

**BIDHUMVA S.A.**

Equipos electrónicos especializados: Minería, Pesca, Navegación, comunicación.

**CERTIFICADO DE CALIBRACION POR CONTRASTACION y MANTENIMIENTO
N° 0111/18**

1.- Datos del Equipo	Especificaciones técnicas
Nombre: Ecosonda Batimétrica	Precisión: 0.1% del valor medido
Marca: Syqwest Inc	Rango de medición: 0-80Mtrs.
Modelo: Bathy500MF	Frecuencia de transductor PO1040: 200Khz
Serie: B5MF- 0581	Lectura mínima: 0.50 Metros.
Propietario: Edilberto Advincula Huerto	Angulo de apertura transductor: 10°

2.- Certificado de Calibración	
Número	111/18
Fecha	04/12/18
Entidad que Certifica	BIDHUMVA S.A. Representante de Syqwest Inc en Perú

3.- Metodología Aplicada
Para controlar y calibrar la medición de profundidad y el ángulo de apertura del transductor se contrasta con una Ecosonda Syqwest Batty 500MF P/N PO1500 y Serie N° B5MF 0513 con Transductor con Número de Parte PO1540 de ángulo de 10° y 200Khz de frecuencia enfocado al fondo de una poza de calibración, el grosor de sus trazos está dentro de 0.1% del valor medido, es patronado periódicamente por una regla Linnimétrica marca Stevens type M de 6 metros con precisión +/- 0.1 con el método de lectura directa y refrendado con un medidor de nivel OTT Thalimides con precisión +/- 0.5mm en contacto directo. El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en el fondo de la poza de calibración ajena a influencias de mareas y vientos, enfocado el transductor al fondo. Se verifica la velocidad de sonido del agua con un perfilador de sonidos marca Reson modelo SVP-14 con certificado de calibración vigente. Las diferentes escalas de medición del transductor son contrastadas con un simulador de profundidades.

Norma de Aplicación seguidas
Desviación estándar basada en las Normas de la OHI S-44 levantamientos batimétricos en zona de aguas someras.

5 - Resultados				
Profundidad	Lectura de Instrumento	Lectura de patron	Diferencia	% de error
0-10 Mts	0.5 a 6 Mtrs	0.5 a 5.99 Mtrs	0.02mm	+/-0.1%
0-80 Mts	0.5 a 80 Mtrs	0.5 a 79 Mtrs	0.01mm	+/-0.1%

6.- Calibración y Mantenimiento	
Fecha	04/12/18
Mantenimiento	Si
Calibración	Si
Próxima calibración	04/12/19
Observaciones	100% operativo
Responsable de Contrastación	Ing. José Baquedano Laynes

Ing. José Baquedano Laynes
Jefe del departamento técnicoHumberto Viquez Huamán
Gerente